

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Гондляр О.В.

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 - Галузеве машинобудування

**на тему: «Термопластавтомат з модернізацією інжекційного вузла та
механізму змикання форми»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) VI курсу, групи ЛПЗ-71мп

Демов Василь Борисович

Керівник:

д.т.н., проф., Колосов О.Є.

Консультант з розділу модернізація

доцент каф. ХПСМ,

д.т.н., доц. Щербина В.Ю.

Консультант (ТМ та Е)

старший викладач кафедри ХПСМ,

Борщик С.В.

Рецензент

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність - 133 - Галузеве машинобудування

(спеціалізація - Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.В.Гондлях

«___»_____2018 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Демову Василю Борисовичу

1. Тема дисертації «Термопластавтомат з модернізацією інжекційного вузла та механізму змикання форми», науковий керівник дисертації Колосов Олександр Євгенович д.т.н. проф., затверджені наказом по університету від «___»_____20__ р. №_____

2. Термін подання студентом дисертації:

3.Об'єкт дослідження:

4.Вихідні дані:

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

7. Орієнтовний перелік публікацій:

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю., доцент каф. ХПСМ		
Монтаж та експлуатація	Борщик С.О., ст. викл. каф. ХПСМ		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка

Студент

Демов В.Б.

Науковий керівник дисертації

Колосов О.Є.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: ____ с., ____ рис., ____ табл., ____ додатків, ____ джерел.

Магістерська дисертація на тему: «Термопластавтомат з модернізацією інжекційного вузла та механізму змикання форми» складається з вступу, трьох розділів, переліку умовних позначень і трьох додатків.

Робота містить опис технологічного процесу, в якому приймають участь термопластавтомат.

Метою роботи є вибір варіантів модернізації механізму запирання та інжекційного вузла з літературних джерел. В даній роботі запропонована модернізація втулки інжекційного вузла з метою підвищення гомогенізації розплаву, а також удосконалення механізму запирання для підвищення зносостійкості та підвищення продуктивності.

При конструюванні термопластавтомату було зроблено патентний пошук. Креслення були виконані за допомогою програми КОМПАС, AutoCAD, розрахунки - за допомогою ANSYS, MoldFlow. До складальних креслень додаються специфікації. Наведено список використаної літератури.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация: ____ с., __ рис., __ табл., _ приложений, _ источников.

Магистерская диссертация на тему: «термопластавтомат с модернизацией инжекционного узла и механизма смыкания формы» состоит из введения, трех глав, списка условных обозначений и трех приложений.

Работа содержит описание технологического процесса, в котором принимают участие термопластавтомат.

Целью работы является выбор вариантов модернизации механизма запирающего и инжекционного узла из литературных источников. В данной работе предложена модернизация втулки инжекционного узла с целью повышения гомогенизации расплава, а также совершенствование механизма запирающего для повышения износостойкости и повышения производительности.

При конструировании термопластавтомата было сделано патентное исследование. Чертежи были выполнены с помощью программы Компас, autocad, расчеты - с помощью ANSYS, MoldFlow. К сборочным чертежам добавляются спецификации. Приведен список использованной литературы.

THE ABSTRACT

Master's dissertation: ____ pages., __ fig., __ tabl., _ Applications, _ sources

Master's dissertation on the topic: "Injection molding machine with modernization of the injection knot and the mechanism of closing forms " consists of an introduction, three sections, a list of symbols and three applications.

The work contains a description of the technological process in which a thermoplastic machine participates.

The purpose of the work is to select variants of modernization of the locking mechanism and injection knot from literary sources. In this work, the modernization of the sleeve of the injection unit is proposed to enhance the homogenization of the melt, as well as to improve the locking mechanism to increase wear resistance and increase productivity.

At the construction of a thermoplastic machine, a patent search was made. Drawings were performed using the program KOMPAS, AutoCAD, calculations - using ANSYS, MoldFlow. Specifications are attached to the assembly drawings. The list of used literature is given.

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

N –	потужність,	кВА;
П –	продуктивність,	т/год;
n –	частота обертання,	об/хв;
τ –	загальний час циклу,	сек;
T –	температура,	$^{\circ}\text{C}$;
p –	тиск,	Па;
E –	модуль пружності,	Па;
σ –	напруження,	Па;
N _ш –	хід шнека	м;
M _{кр} –	крутний момент шнека,	Н·м;
L –	довжина,	м;
D –	діаметр,	м;
P –	навантаження,	Н;
η –	коефіцієнт корисної дії,	
μ –	коефіцієнт Пуассона,	
λ –	коефіцієнт теплопровідності,	Вт/м $^{\circ}\text{C}$;
α –	коефіцієнт тепловіддачі,	Вт/м 2 $^{\circ}\text{C}$;
e –	ширина гребня витка,	мм;
ϑ_{cp} –	швидкість,	м/с;
Q –	теплота,	Дж/м 3 ;
t–	крок гвинтової нарізки,	мм;
V–	об'єм,	м 3 ,

Скорочення

ККД–	Коефіцієнт корисної дії.
ТПА–	Термопластавтомат.
ЛМ–	Литва машина.
САПР–	Система автоматичного проектування.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ МАШИНИ.....	4
2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ.....	5
3. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА, ЙОГО СКЛАДОВИХ ЧАСТИН І ПРИНЦИПУ ДІЇ.....	6
4. ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД.....	8
4.1 Обґрунтування модернізації.....	16
5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ.....	20
5.1 Опис ідеї проекту.....	20
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	22
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	24
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	29
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	31
Висновки.....	36
6. Автоматична система управління.....	37
6.1 Опис технологічного процесу.....	37
6.2 Функціональна схема автоматизації термостабілізації процесу лиття.....	38
6.3 Опис контуру автоматизації.....	39
6.4 Заказні специфікації на прилади і технічні засоби автоматизації.....	39
7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	42
7.1 Виробничий шум.....	43
7.2 Повітря робочої зони.....	43

					<i>ЛПз 71мп.017246.03 – 70 ПЗ</i>		
<i>Змн</i>	<i>Листи</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Термопластавтомат з модернізацією інжекційного вузла та механізму змикання форми</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Демов В.Б.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Колосов О.Є.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н.Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>					<i>КПІ ім .Ігоря Сікорського</i>		

7.3 Промислове освітлення.....	44
7.4 Вібрація.....	45
7.5 Небезпека впливу частин машини, що рухаються й обертаються.....	46
7.6 Небезпека враження електричним струмом.....	47
7.7 Надзвичайні ситуації.....	48
7.8 Установки та засоби гасіння пожеж.....	49
Висновки.....	50
Література.....	51

ВСТУП

Лиття під тиском - метод виготовлення виробів із пластмас і резинових сумішей.

При литті під тиском матеріал в порошкоподібному чи гранульованому стані подається в пластикаційний циліндр машини, де прогрівається й переміщується обертовим шнеком. Під час пластикації шнек відходить назад. При роботі з термопластами циліндр нагрівають до 200-350°С, при роботі з реактопластами - до 80-120°С. Розплавлений матеріал при русі шнека нагнітається в литтєву форму, де термопласт охолоджується до 20-40°С. Матеріал видержується під тиском.

Лиття під тиском являється одним з основних методів по переробці полімерів та композиційних матеріалів. Цей метод дозволяє виготовляти високоякісні вироби з різних полімерних матеріалів, при великій продуктивності і порівняно невеликих затратах .

В даній роботі розглядається термопластавтомат з об'ємом вприску 250 см³ і буде проведено модернізацію механізму змикання форми та інжекційного вузла, а також розрахунок продуктивності машини, параметричні розрахунки, розрахунок черв'яка на міцність, розрахунок матеріального циліндра та тепловий розрахунок, на основі чого можна буде зробити висновок чи задовольняє вибраний термопластавтомат заданим умовам.

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ МАШИНИ

Опис призначення та галузь застосування машини приведений з [1].

Литтєві машини призначені для виготовлення виробів із пластмас шляхом заповнення попередньо зімкненої прес-форми з великою швидкістю та величезним тиском і послідовним охолодженням виробу та розмикання форми з метою та подальшим розвантаження.

В залежності від базових механізмів, їх конструкції та взаємного розміщення, термопластавтомати мають широкий різновид. В більшості випадків вони мають 3 базових вузли:

- пластикаційно–інжекційний вузол (черв'ячний, плунжерний, комбінований та ін.);

- механізм змикання форми (ГП колонного або щелепного типу, з гідравлічним або важільно – гідравлічним приводом).

- вузол переміщення інжекційно–пластикаційного вузла.

Для того щоб отримати виріб без дефектів на поверхні і зберегти його розміри при осіданні необхідно в процесі охолодження підтримувати в порожнині форми постійний тиск .

Методом лиття під тиском можуть отримувати велику кількість виробів.

2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ

Таблиця 0.1 – Технічні характеристики машини ТПА – 250 згідно з[3]

Параметр	Значення
Максимальний об'єм виливка, $см^3$	250
Площа проекції виробу, що відливається, $см^2$	204,62
Зусилля запирання прес-форми, $кН$	2000
Пластичаційна продуктивність, $\frac{кг}{год}$	45
Діаметр черв'яка впорскування, $мм$	60
Відношення довжини нарізної частини черв'яка до його діаметру, $\frac{L}{D}$	10
Найбільший хід черв'яка впорскування, $мм$	100
Швидкість впорскування черв'яка, $\frac{мм}{с}$	50
Тиск в гідросистемі впорскування, $\frac{МН}{м^2}$	7,5
Зусилля вприску, $кН$	250
Питомий тиск на матеріал, $\frac{МН}{м^2}$	90
Швидкість обертання черв'яка, $\frac{об}{хв}$	25-100
Потужність приводу черв'яка, $кВт$	4,5
Зусилля розкриття форми, $кН$	240
Тиск в гідросистемі запирання, $\frac{МН}{м^2}$	20
Хід рухомої плити, $мм$	450
Найбільша відстань між плитами, $мм$	815
Відстані між колонами в світлі по вертикалі та горизонталі, $мм$	370x370
Потужність електродвигуна гідроприводу, $кВт$	10
Габарити машини, $мм$	3900×1000×1740
Маса машини, $кг$	5500

3. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА, ЙОГО СКЛАДОВИХ ЧАСТИН І ПРИНЦИПУ ДІЇ

Загальний вигляд ЛМ ТПА 250 зображено на Рисунок 0.1, а її технічні характеристики (див. Таблиця 0.1).

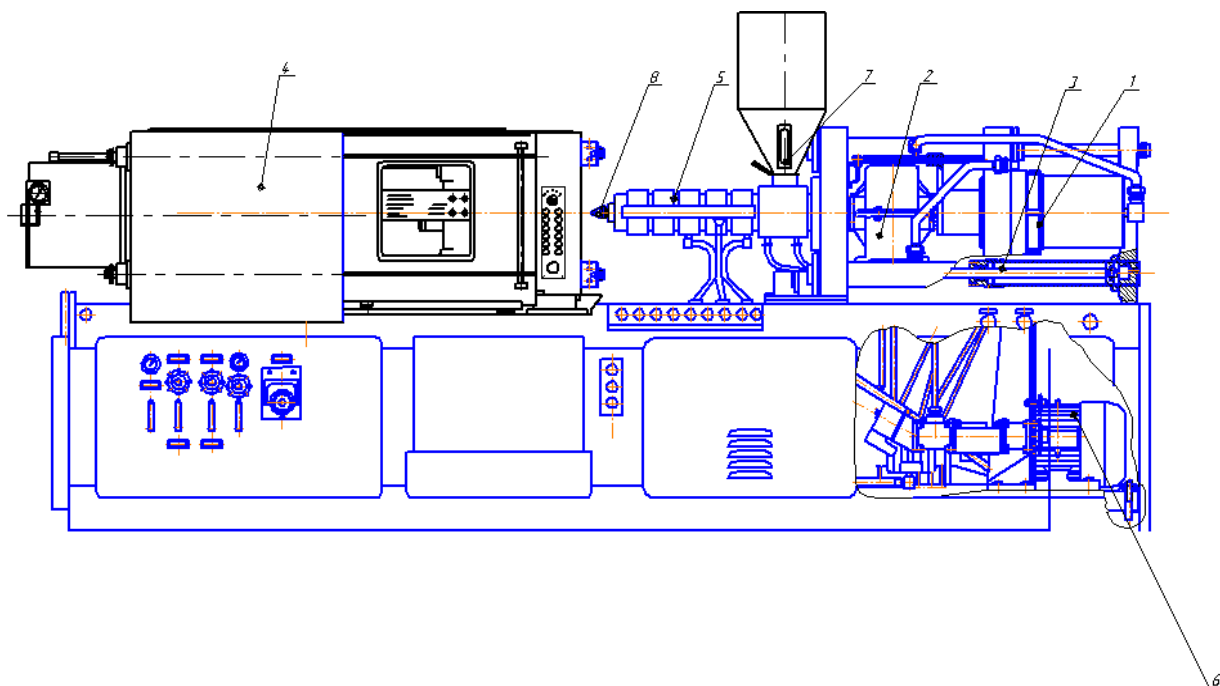


Рисунок 0.1– Загальний вигляд ТПА-250.

1 – механізм інжекції; 2 – редуктор; 3 – механізм переміщення вузла інжекції; 4 – механізм змикання пресформи; 5 – пластикатор; 6 – електродвигун; 7 –бункер; 8 – сопло.

Опис конструкції термопластавтомата проведено з [4] [6].

Термопластавтомат складається з таких основних частин як: механізм інжекції 1, механізм змикання пресформи 4, механізм переміщення вузла інжекції 3, бункер 7, сопло 8, редуктор 2, пластикатор 5, електродвигун 6.

Гранульований полімерний матеріал з бункера надходить в матеріальний циліндр пластикатора, захоплюється шнеком і транспортується у напрямку сопла

. При цьому гранульований матеріал нагрівається, ущільнюється під дією тепла від тертя об поверхню гвинтового каналу черв'яка і поверхня циліндра, а також за рахунок тепла від зовнішніх зонних електронагрівачів розплавляється під тиском, і, пройшовши через зворотний клапан, накопичується в зоні дозування. Під дією виникаючому при цьому тиску черв'як відсувається вправо, зміщуючи плунжер інжекційного механізму.

При наборі необхідної дози розплав обертання черв'яка припиняється. Далі за допомогою механізму притискання інжекційний вузол зсувається вліво до змикання сопла з ливниковою втулкою, до цього моменту завершується змикання частин пресформи. Пресовий вузол ЛМ являє собою, по суті, горизонтальний важільно-гідравлічний прес. Після приведення всіх блоків в початковий стан створюється тиск в гідроприводі осьового руху черв'яка, який, діючи аналогічно поршню, вприскує розплав полімеру з матеріального циліндра в прес-форму, де утворюється виріб.

У період формування виробу черв'як приводиться в обертання для підготовки наступної порції. Після охолодження розплаву до заданої температури форма розкривається, і виріб за допомогою виштовхувачів видаляється з робочої зони литтєвої машини. Цикли повторюються.

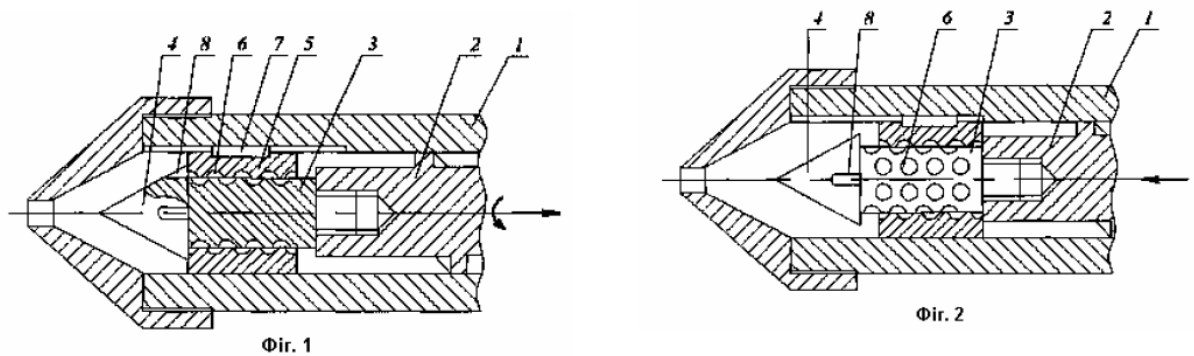
4. ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

В [13-17], розглянуто опис конструкції інжекційного вузла машини для лиття під тиском, а також у [18-23] наведено опис механізмів змикання півформ.

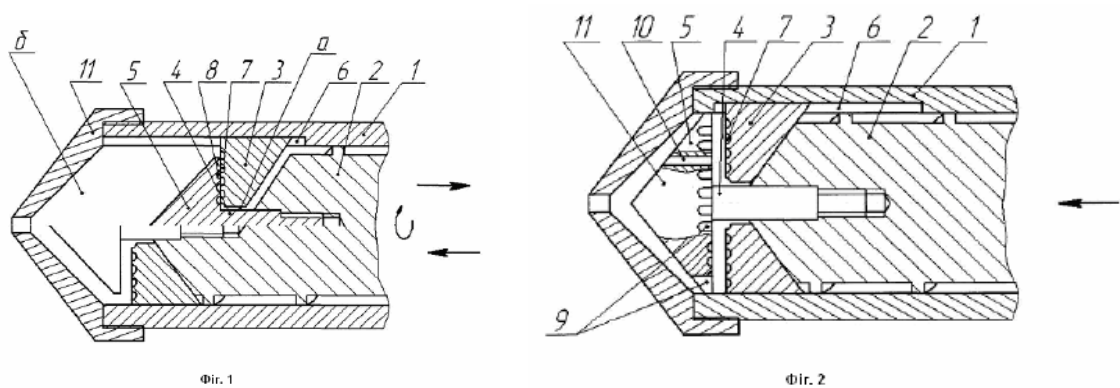
Недоліком базової конструкції є низька гомогенізація розплаву та низька продуктивність.

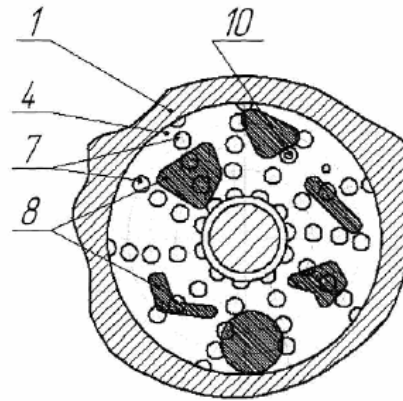
З метою усунення недоліків термопластавтомата у звіті проведено огляд патентів [13-23].

1. Встановлення кільцевої втулки на наконечнику і оснащення її внутрішньої поверхні й зовнішньої поверхні наконечника поглибленнями підвищує змішувальну ефективність при наборі порції полімеру[13].



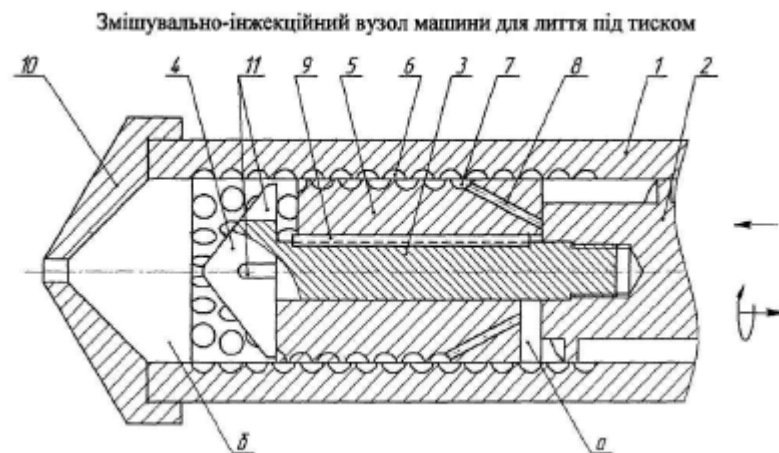
2. Вузол корисної моделі [14] оснащений поглибленнями на спряжених торцевих поверхнях, що забезпечить підвищення змішувальної ефективності при наборі порції полімеру без зменшення продуктивності.



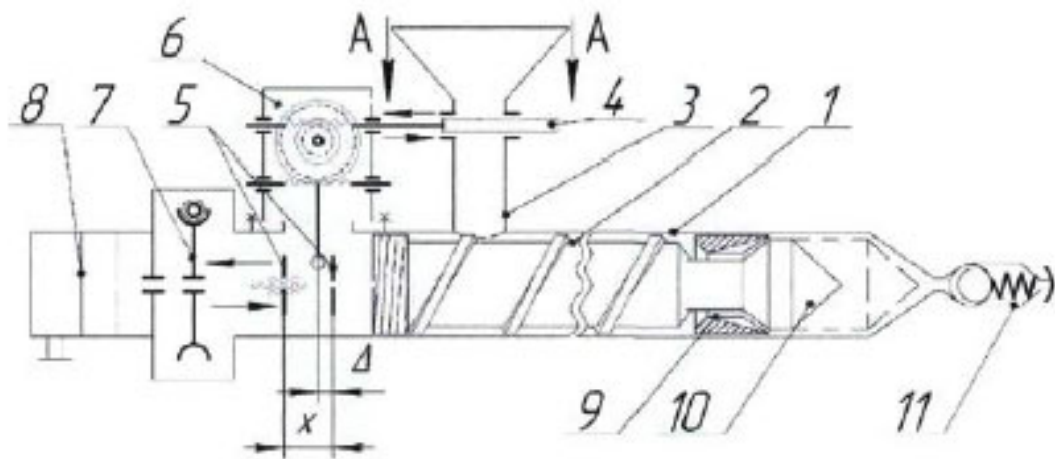


Фиг. 3

3. У корисній моделі [15] втулка закріплена на наконечнику в коловому напрямку, причому на зовнішній поверхні втулки та внутрішній поверхні матеріального циліндра виконані поглиблення, які утворюють між собою канали для протікання полімеру, на зовнішній циліндричній поверхні втулки з боку наконечника поглиблення виконані на довжині, яка менша довжини втулки на величину, більшу довжини щонайменше одного поглиблення на внутрішній поверхні матеріального циліндра, а на торцевій поверхні втулки з боку шнека, виконано спряжеш з поглибленнями на зовнішній поверхні втулки наскрізні отвори. Це забезпечує високу змішувальну ефективність і необхідний рівень гомогенізації за рахунок багаторазового розділення та злиття потоків полімеру при його перетіканні між поглибленнями.

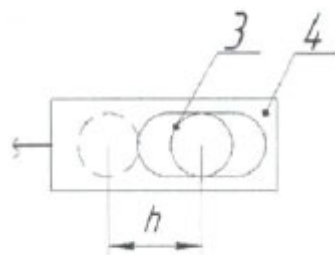


4. В інжекційному механізмі машини [16] для лиття під тиском, що містить завантажувальну горловину, споряджену заслінкою регулювання подачі перероблюваного матеріалу, корпус, всередині якого розташований з можливістю переміщення відносно повздовжньої осі шнек, згідно з корисною моделлю, шнек кінематично зв'язаний із заслінкою за допомогою механізму регулювання зворотно-поступального переміщення заслінки. Це забезпечує високу стабільність процесу гомогенізації перероблюваного матеріалу.



Фіг. 1

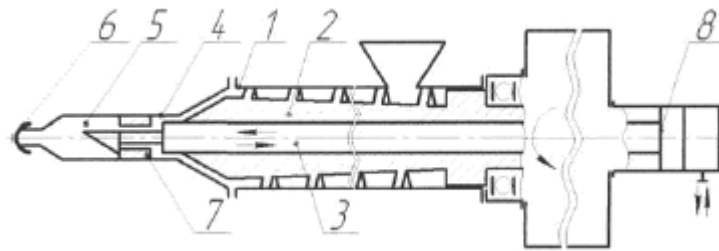
A-A



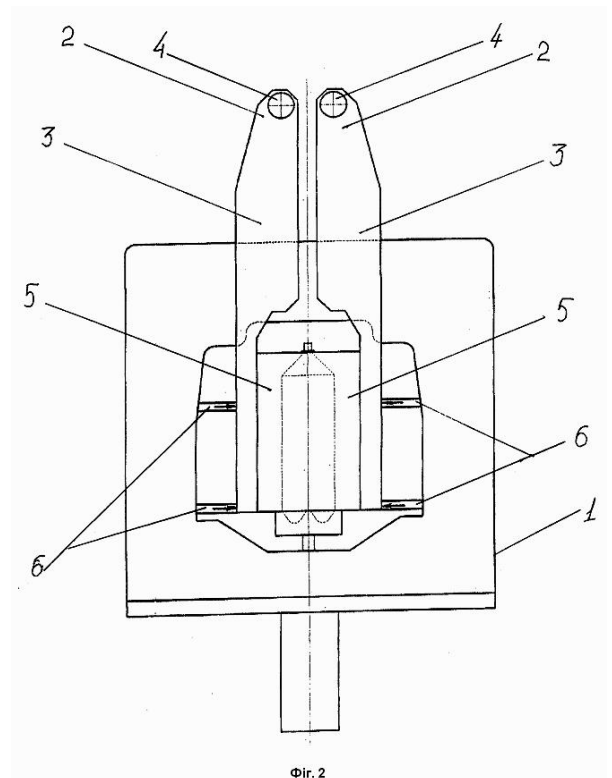
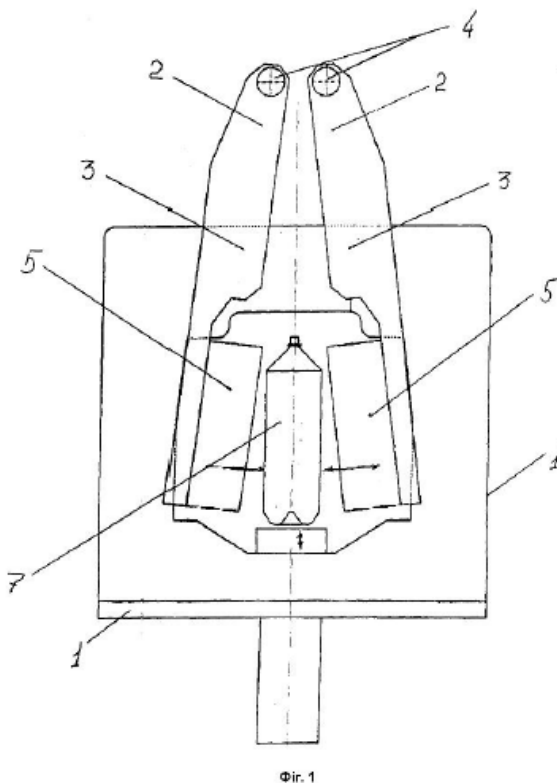
Фіг. 2

5. Машина для лиття під тиском [17] містить матеріальний циліндр з розташованим у ньому з можливістю обертання пластикаційним шнеком, у порожнині якого розташовано плунжер з можливістю зворотно-поступального руху, а також інжекційний циліндр з нагромаджувальною камерою і випускним соплом. Плунжер споряджено зворотним клапаном.

Виконання машини із зазначеними ознаками забезпечує спрощення конструкції та підвищення надійності роботи машини в цілому за умови якісного виконання всіх технологічних операцій циклу лиття під тиском.

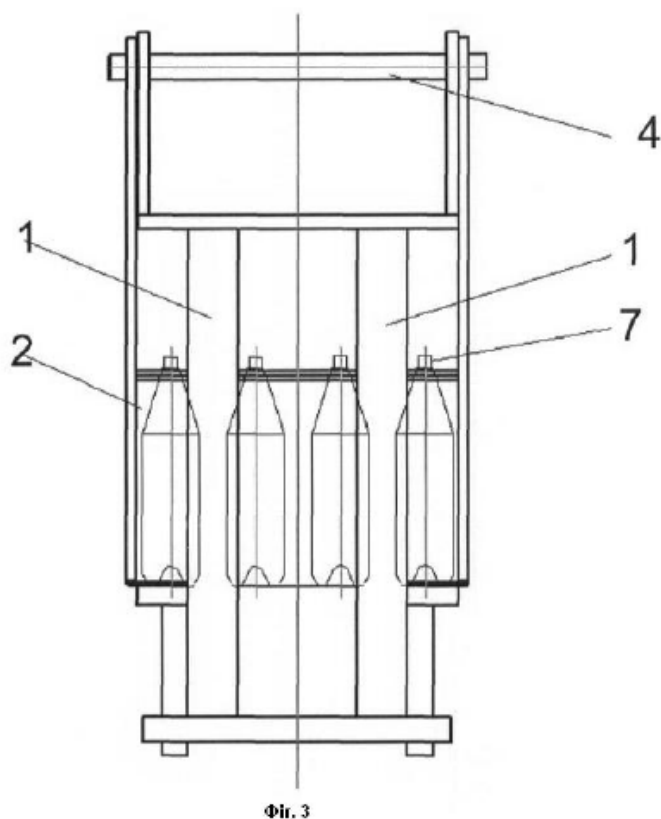
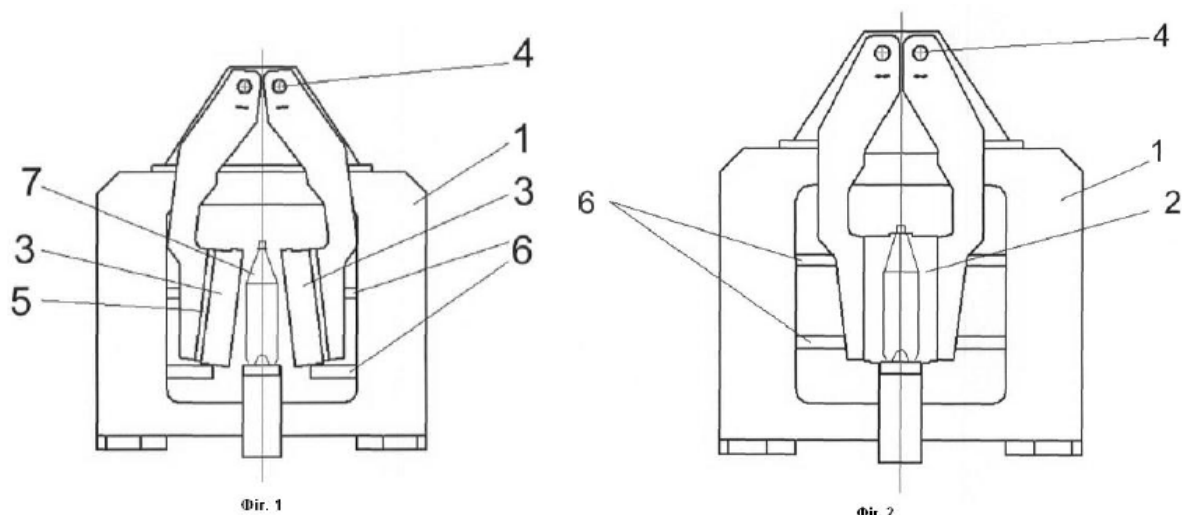


6. Півформи прес-форми винаходу [18] розташовані у порожнині рами, виконаної у вигляді замкнутої жорсткої конструкції, а на зовнішніх поверхнях півформ встановлені упори, призначені для контактування з відповідними внутрішніми поверхнями рами під час замикання півформ і видування виробу та утворення в рамі розподілених зусиль протидії зусиллю видування виробу. Це дає змогу зменшити габарити та масу, та одночасно має більшу міцність та жорсткість.

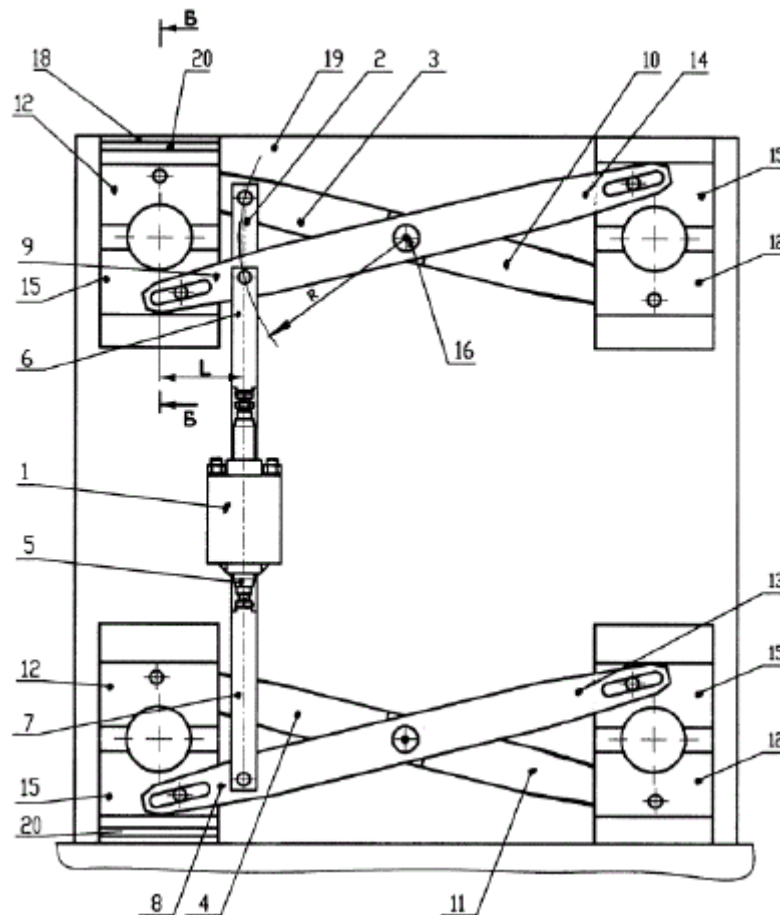


7. Механізм змикання півформ прес-форми виконаний у вигляді, щонайменше двох однакових секцій, кожна з яких включає раму, в порожнинному об'ємі якої розміщена частина прес-форми з кількістю гнізд, що

відповідає рівномірному секційному розташуванню, рами жорстко з'єднані між собою і кінематично сполучені з рушієм, точки 45 прикладання зусиль якого до рам розташовані симетрично відносно центру ваги прес-форми, а проміжок між суміжними торцями рам призначений для доступу до півформ та рухомих елементів для виконання ремонтно-профілактичних робіт. Пропонована конструкція машини [19] дозволяє підвищити продуктивність установки.

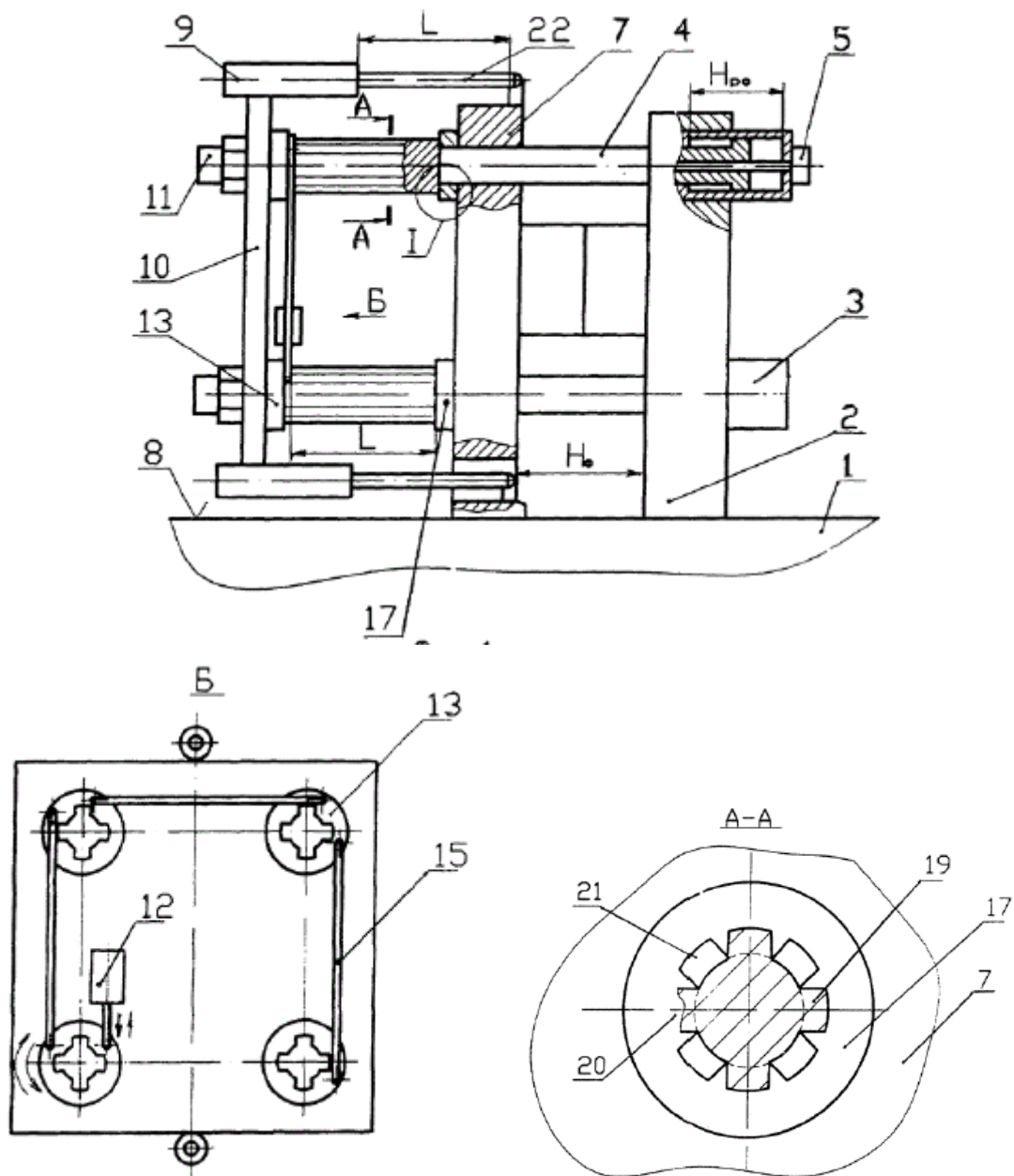


8. Технічною задачею заявленого замкового пристрою механізму запирання півформ [20] є збільшення ефективності роботи за рахунок значного зменшення ходу приводу зворотно-поступального руху, а також покращення експлуатаційно – монтажних властивостей пристрою шляхом розташування приводу у вертикальній площині і його встановлення збоку рухомої плити.



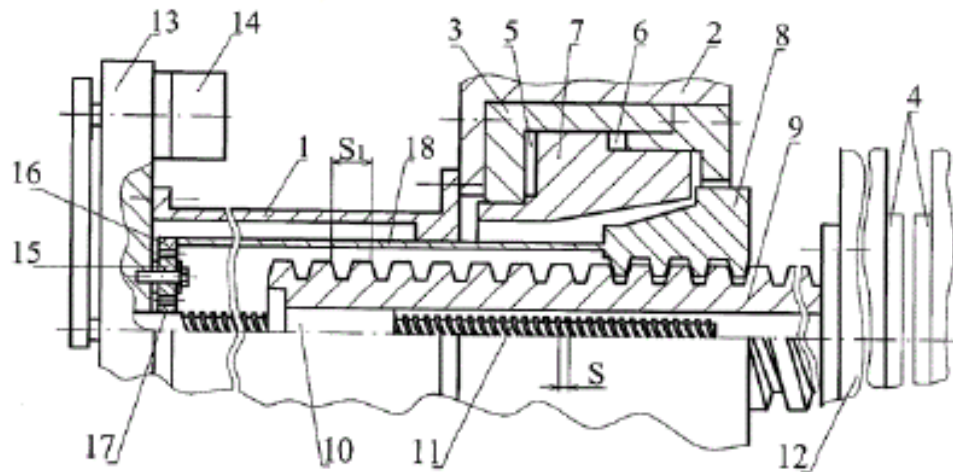
9. У [21] механізм змикання півформ закриваються в одному, незалежному від висоти форми, постійному положенні висунутих штоків гідроциліндрів швидкого переміщення мобільної формонесучої плити, з'єднаних з листовою перемичкою, жорстко встановленої на штоках силових гідроциліндрів з можливістю спільного зі штоками переміщення при установці положення контакту півформ, регульованого пов'язаним зі згаданими штоками пристроєм, причому з приводом їх обмеженого радіального повороту, розташованим на листовій перемичці.

У результаті зменшується довжина гідроциліндрів швидкого переміщення мобільної формонесучої плити, спрощення виготовлення замків механізму запирання півформ з підвищенням технологічності його зборки і покращення ремонтнопригодності.

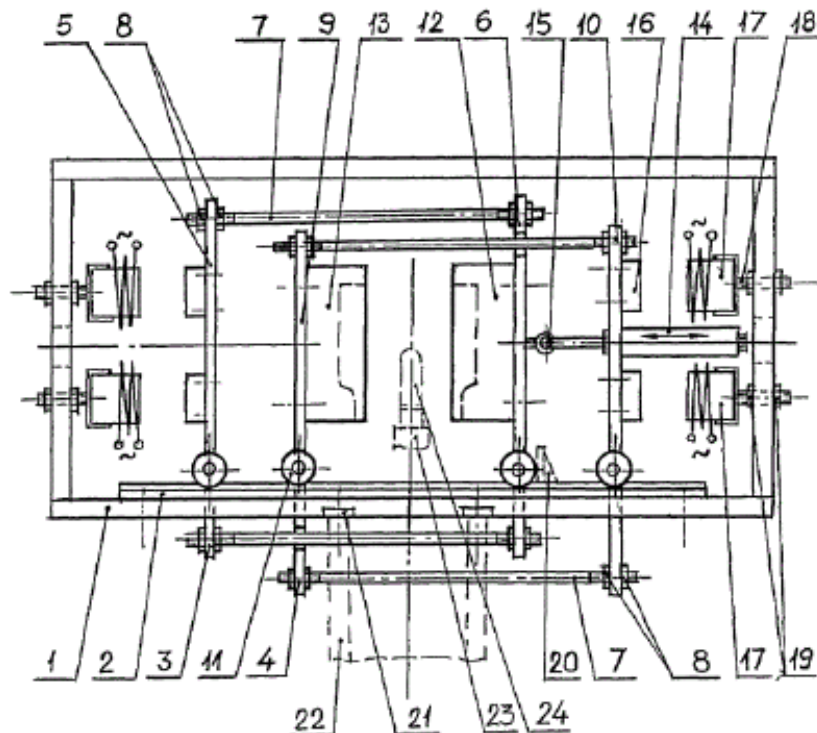


10. В гідромеханічному пристрої змикання півформ [22] замок виконаний у вигляді силової гайки, різьбових з'єднань пов'язаної з силовою втулкою і жорстко з'єднаної з зубчастим колесом внутрішнього зачеплення через шестерню, закріплену на торцевій поверхні кришки полого корпусу, пов'язаного з зубчастим колесом зовнішнього зачеплення, встановленим.

Результатом є спрощення конструкції і зменшення часу технологічного циклу змикання півформ.



11. Технічною задачею, на вирішення якої спрямовано винахід [23], є усунення зазначених недоліків шляхом створення автономного швидкоз'ємного пристрою змикання з високою надійністю утримання півформ прес-форми в зімкнутому стані, при практичному виключення ймовірності зіткнення півформ прес-форми за рахунок мінімізації масово-інерційних параметрів елементів конструкцій кріплення і переміщення півформ і можливості установки як мінімум одного малопотужного приводу, керуючого цими переміщеннями.



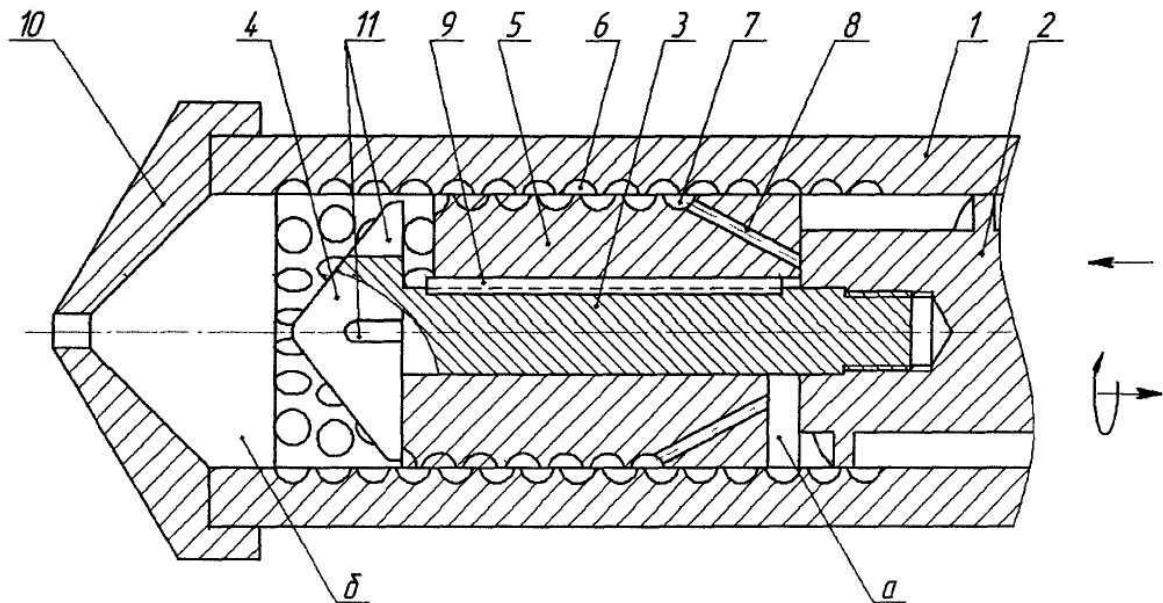
4.1 Обґрунтування модернізації

Для усунення недоліків машини розглянутих вище було обрано два технічних рішення розглянутих у патентах [15,20].

Корисна модель [15] дає змогу підвищити гомогенізацію розплаву за допомогою поглиблень на зовнішній поверхні втулки та на внутрішній поверхні матеріального циліндра, що забезпечує високу змішувальну ефективність і необхідний рівень гомогенізації за рахунок багаторазового розділення та злиття потоків полімеру при його перетіканні між поглибленнями.

Змішувально-інжекційний вузол машини для лиття під тиском складається з матеріального циліндра 1 та шнека 2, на кінці якого встановлено наконечник 3 з упором 4 та втулка 5. Зовнішня поверхня втулки 5 та внутрішня поверхня матеріального циліндра 1, які контактують, мають поглиблення 6 та 7, які утворюють між собою канали для протікання полімеру. Також на торцевій поверхні втулки 5, яка контактує зі шнеком 2, виконані наскрізні отвори 8, які з'єднують поглиблення 7 з порожниною а. Втулка 5 встановлена на циліндричній частині наконечника 3 з можливістю осьового руху відносно нього та матеріального циліндра 1 без можливості обертання навколо осі наконечника. Втулка 5, наприклад, оснащена шпоночним пазом, і фіксується на наконечнику 3 за допомогою шпонки 9. Отвір для виходу розплаву виконано в мундштуці 10, закріпленому на матеріальному циліндрі 1. В упорі 4 виконані прорізи 11 для протікання полімеру.

Змішувально-інжекційний вузол машини для лиття під тиском



При обертанні в матеріальному циліндрі 1 шнека 2 полімер рухається по його гвинтовій нарізці і потрапляє в порожнину 5, яка утворена торцевими поверхнями шнека 2 та втулки 5. За рахунок створення надлишкового тиску полімер переміщує втулку 5 в напрямку торцевої поверхні упора 4. При цьому полімер потрапляє в наскрізні отвори 8, які з'єднують порожнину а (див. нижню частину фіг.) та поглиблення 7, і розбивається на потоки.

Під час обертання втулки 5 разом з наконечником 3 відбувається постійне з'єднання та роз'єднання поглиблень 6 та 7 між собою, з утворенням в кожний момент часу нових конфігурацій каналів. При цьому полімер піддається інтенсивним зсувним деформаціям, зрізу, розділенням та злиттям невеликих об'ємів полімеру, що знаходяться в поглибленнях 6 та 7. Це забезпечує якісний змішувальний ефект, наряду з виконанням запираючої функції. Накопичена в порожнині 6 порція полімеру впорскується до порожнини прес-форми за рахунок переміщення шнека 2 в напрямку мундштука 10. Торцева поверхня шнека 2 набігає на повернуту до неї торцеву поверхню втулки 5, перекриваючи зворотній рух полімеру в гвинтовий канал шнека. Також циліндрична частина, яка виконана на зовнішній поверхні втулки, перекриває наскрізні отвори 8 для руху полімеру. Це забезпечує розвиток необхідного тиску і швидкості заповнення прес-форми полімером.

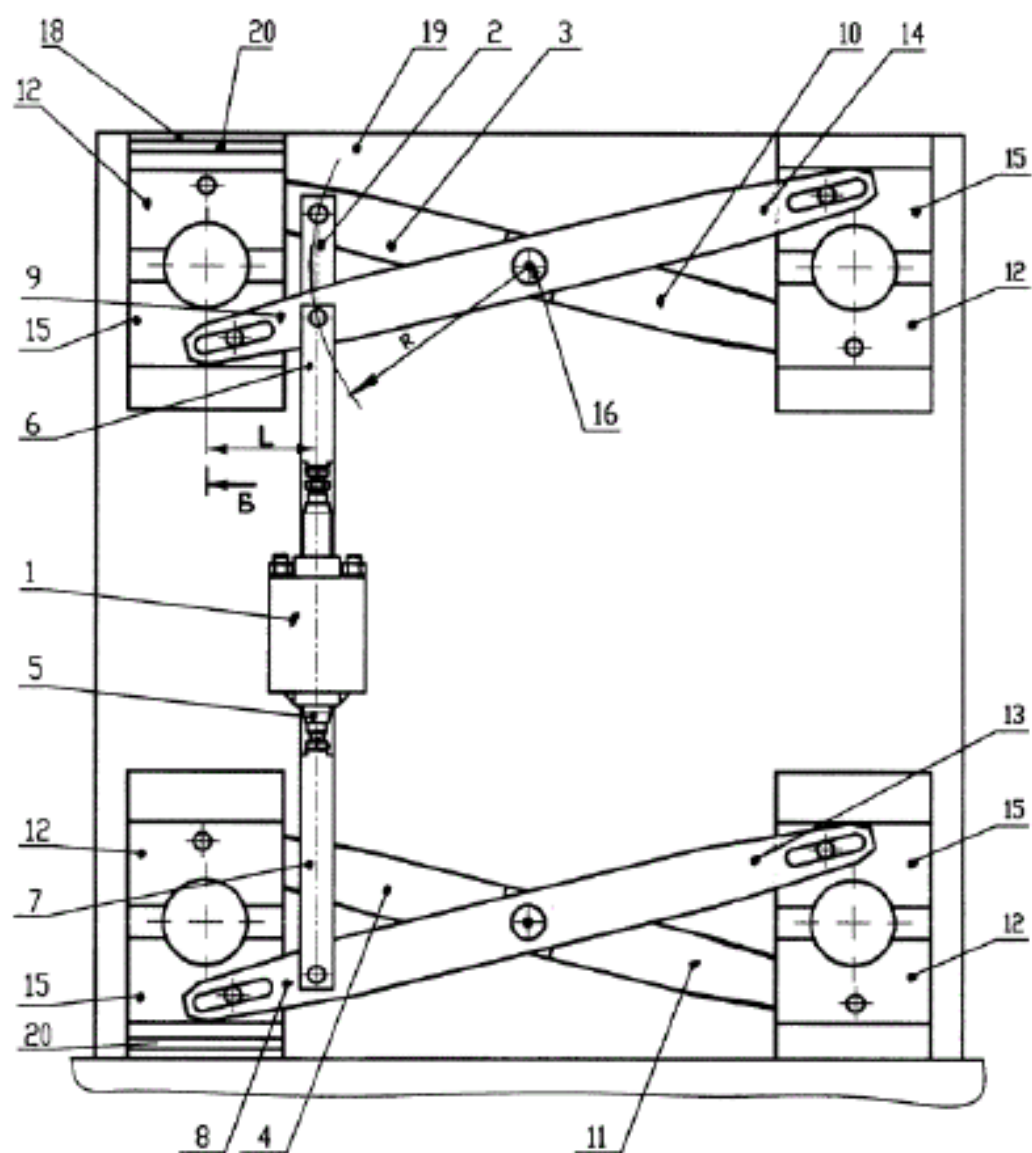
Технічне рішення розглянуте в [20] дозволить підвищити продуктивність а також покращення експлуатаційно-монтажних властивостей за рахунок шарнірно-важільної системи.

Замковий пристрій механізма запирання півформи термопластавтомата, складається з привода 1 зворотно-поступательного руху, корпус якого змонтований на тязі 2, що з'єднує ланку 3 верхньої 4-ьох ланкової рівноплечової шарнірно-важільної системи і ланку 4 нижньої. Шток 5(двосторонній) з'єднаний за допомогою тяг 7 і 6 відповідно з ланкою 8 нижньої шарнірно-важільної системи і ланкою 9 верхньої.

Ланки 3,10 і 4, 11 з'єднані з сухарями 12, а ланки 8,13 і 9,14 з сухарями 15.

Кожна шарнірно-важільна система має центральний шарнір 16, а їх ланки виконані з пазом 17, який забезпечує зворотньо – поступальне переміщення сухарям 12 і 15 в направляючих 18 рухомої плти 19, на якій встановлені упори 20 обмеження і регулювання неробочого положення сухарів 12 і 15.

Сухарі 12 і 15 виконані з виїмками 21 діаметра кільцевих канавок 22 скалок 23, що мають бурт 24.



5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

5.1 Опис ідеї проекту

Лиття пластмас під тиском — технологічний процес виготовлення виробів з пластмас, що базується на заповненні формувальної порожнини прес-форми розплавом з подальшим його ущільненням за рахунок тиску і охолодження.

Термопластавтомат (ТПА) — інжекційно-ливарна автоматизована машина для лиття пластмас під тиском, є універсальним обладнанням для отримання штучних виробів з пластмас[1].

Таблиця 5. 1 – Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Нова конструкція термопластавтомату для отримання штучних виробів з пластмас	Виготовлення виробів з пластмас з кращими механічними характеристиками матеріалу	Підвищення продуктивності проведення процесу
		Підвищення зносостійкості агрегату
		Вища якість продукції
		Підвищення енергоефективності проведення процесу
		Зменшення витрат на придбання обладнання та його ремонту

На даний момент вже розроблена модернізація існуючого обладнання (модернізація механізмів притискання та пластикації). Ми гарантуємо ефективність модернізації та її швидку окупність внаслідок збільшення енергоефективності, покращенні основних показників виробів. Проект включає в себе створення технічної документації, креслень із застосуванням систем комп'ютерного проектування.

Термопластавтомат складається з таких основних частин як: механізм інжекції, механізм змикання пресформи, механізм переміщення вузла інжекції, бункер, сопло, редуктор, пластикатор, електродвигун .

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначено перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї ;
- визначено попереднє коло конкурентів та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку ;
- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні); в) кращі значення (S, сильні), наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
Вартість віброекструдера, грн	200000	400000	520000	300000	–	–	+
Витрата електроенергії, кВт/год	10	9,5	10	1	–	+	–
Продуктивність, кг/год	45	50	55	40	–	+	–
Вихід бракованих виробів, кг/год	1	1,5	2	3,5	–	–	+

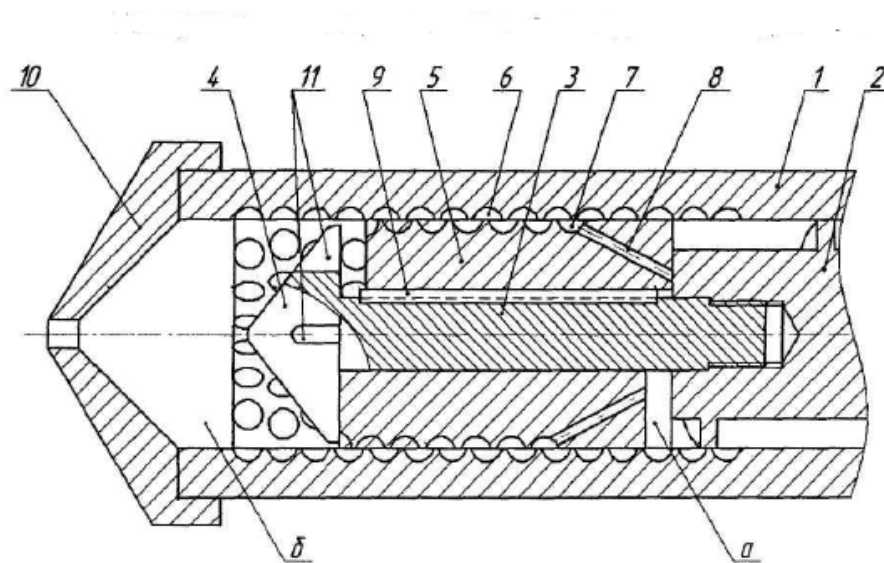
Основною перевагою над конкурентами є: гарантоване отримання більш високих результатів за короткий термін роботи модернізації. Проект працює за трьома основними критеріями роботи – надійність, ефективність та якість вироблених виробів. Завдяки співпраці оновлене підприємство стане більш енергоефективним, підвищиться якість виробів, тобто підприємство стане більш конкурентоспроможним на ринку в Україні. Також одним з основних напрямків діяльності проекту є: створення кращих робочих умов для працівників та їх безпеки при роботі.

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Фібробетони застосовують в збірних і монолітних конструкціях, що працюють на знакозмінні навантаження.

Розроблення стартап-проекту проводимо згідно методики [24].

Конструкцію змішувального елемента наведено на рисунку. 5.1.



1-матеріальний циліндр; 2-шнек; 3-наконечник; 4-упор; 5-порожнина; 6, 7-порожнини; 8-наскрізні отвори; 9-шпонка; 10-мундштук; 11-прорізі для протікання полімеру

Рисунок 5.1 – Конструкція інжекційного вузла термопластавтомату

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових:

1. За якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?

Елементи термопластавтомату виготовляються на спеціальному металорізальному обладнанні та верстатах з ЧПУ, внаслідок необхідності обробки складних поверхонь. Даний робочий елемент термопластавтомату повинен витримувати значні навантаження та знос.

2. Чи існують такі технології, чи їх потрібно створювати?
Дані технології існують. В розробці/добробці їх немає необхідності.

3. Чи доступні такі технології авторам проекту?

Так, дані технології доступні.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Висока змішувальна ефективність і необхідний рівень гомогенізації	Модернізована конструкція механізму пластифікації	На даний момент відомо багато конструкцій механізмів пластифікації, однак його роботу можна зробити ефективнішим .	Література для вивчення процесу лиття під тиском представлена декількома авторами, для підвищення конкурентоспро можності потребує подальшого вивчення

2	Підвищення зносостійкості	Додаткова модернізована механізму змикання півформ	Наявні, відомі конструкції модернізують ся	На ринку представлено декількома основними виробниками даного обладнання
<p>Обрана технологія реалізації ідеї проекту:</p> <p>Нова конструкція термопластавтомата, яка покращує гомогенізацію розплаву та зносостійкість машини в цілому.</p>				

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити – є можливим.

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначено ринкові можливості, які можна застосувати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть завадити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів–конкурентів.

Спочатку проведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 5.4).

В Україні працюють наступні виробники термопластавтоматів: ТОВ КОНВЕНТ, ВАТ "Термопластавтомат", ТОВ Stankoplast та ін.

В таблиці 5.4 наведено попередні характеристики потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість основних гравців, од	3
Загальний обсяг продаж, грн/ум. од	300
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштабність
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO для продукції, а саме вимоги до токсичності тощо.
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	65

За результатами аналізу таблиці робимо висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 5.5) [24].

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в виробі полімерів, потреба в підвищенні	Компанії по виготовленню полімерних виробів.	ДСТУ, ГОСТ, ISO	- до продукції: якісна структура та відповідність всім нормативам, щодо механічним

якості виробництва			характеристикам; - до компанії-постачальника: якість постачання, швидкість.
--------------------	--	--	--

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому заважають (таблиці 5.6, 5.7). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення цінності [24].

Фактори поділяються на внутрішньо маркетингове середовище та зовнішньо маркетингове середовище. До внутрішньо маркетингових факторів відносяться власний капітал стартап проекту, інтелектуальна ресурси, технологічні ресурси, матеріальні, місцезнаходження. До зовнішньо маркетингового середовища стартап проекту відносяться природні, політико-правові, соціально-культурні, економічні, науково-технічні і демографічні середовища [24].

Фактори загроз вносимо до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Політико-правові «Закон України про підприємницьку діяльність». «Закони України про ліцензування певних видів господарської діяльності».	Може вплинути на працездатність проекту, купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару Недостатня підтримка державою нових підприємців. Дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії.	Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця. Зміна напрямків імпорту/експорту
Економічні: інфляція,	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу	Підвищення/пониження ціни на продукт

підвищення цін на сировину	необхідного для товару	
Науково-технічні: Зміниться технологія виготовлення товару	Невідповідність технологій споживчих та послуг науково-технічному розвитку. «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Постійний пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній та в суміжних сферах діяльності. Інноваційна діяльність.
Демографічні: Зниження народжуваності та кількості населення.	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Пошук нових клієнтів для виробництва термопластавтоматів.
Соціально-культурні: «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Небажання споживачів купувати нове обладнання	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модернізацію їх виробництва

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні застарілі конструкції термопластавтоматів Невідповідність продукції наших споживачів та наших послуг науково-технічному розвитку	Поява нової технології виробництва полімерних виробів.	Розробка нового обладнання та конструкцій. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.

галузі		
Демографічні	Збільшення населення, покращується попит на продукцію	Збільшення числа потенційних клієнтів в майбутньому.
Економічні: високе забезпечення сировиною в Україні для переробки з іншими компонентами композиції	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Підвищення/пониження ціни на продукт

Згідно отриманого аналізу конкуренції визначено, що конкуренція на ринку, що важливим конкурентним рішенням є розвиток технології змішування полімерних композицій, шляхом модернізації та створення нового обладнання для їх переробки.

Згідно отриманих результатів основним параметром конкурентоспроможності є якість полімеру для виробництва виробів різного призначення, а саме підвищена гомогенізація, зносостійкість обладнання.

Таблиця 5.9 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Експлуатаційні властивості полімерної композиції, якість змішування, формування та однорідність структури	Якість змішування полімерного розплаву формує якість виробів, які будуть виготовлятися, тому клієнти зацікавлені в отриманні якісного товару.
2.	Асортимент	Ми надаємо комплекс послуг по розробці виготовленню і монтажу а також постачаємо

		комплектуючі по низьким цінам.
3.	Сервісне обслуговування	Акцент на подальшій співпраці з існуючим клієнтами.
4.	Ціна	Зменшення вартості надання товарів та послуг шляхом зниження енергозатрат на виробництво

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін даного проекту.

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першочергово передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 5.10). Розроблення ринкової стратегії проекту проводимо згідно методикою наведеною в [24].

Таблиця 5.10 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	хімічна промисловості	Зазнаватиметься готовністю підприємств піти на додаткові витрати пов'язані з впровадженням імплементації результатів наукових досліджень	Залежить від рівня та темпу розвитку економіки країни, насамперед від галузей-споживачів, а	Низька	Високі бар'єри входу на ринок

		в господарській діяльності	також рівня характеру конкурентів з боку держави		
Обрано наступні цільові групи: підприємства хімічної промисловості .					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обираємо хімічну промисловість і використовуємо стратегію концентрованого маркетингу.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку, яка наведена в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1.	Виготовлення деталей для термопластавтоматів	Концентрований маркетинг.	Наслідкування дій лідера, захисні дії	Диференціації
2.	Виготовлення виробів з пластмас	Диференційований маркетинг	Захисні дії, наслідкування лідера	Лідерство по витратах

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 5.12).

Таблиця 5.12 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки для виробництва виробів з пластмас

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів,	Чи буде компанія копіювати основні	Стратегія конкурентної поведінки*
-------	--	---	------------------------------------	-----------------------------------

		або забирати існуючих у конкурентів?	характеристики товару конкурента, і які?	
1.	Ні	Передбачається розвиток ринку	Ні, не буде. Буде утворено унікальну продукцію	Наслідування лідера

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 5.13 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.13 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Зменшення виходу бракованого матеріалу	Збільшення продуктивності	Інноваційна конструкція термопластавтомату
2.	Підвищення зносостійкості	Зменшення затрат на ремонт	

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки [24];

- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості [24];
- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару [24];
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару [24];
- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення[24];
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару [24].

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від плагіату. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару [24].

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 5.14). Аналіз проводиться експертним методом [24].

Таблиця 5.14– Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари- аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на то- вар/послугу
1.	500-5000	1000-50000	Підприємства	1000-12000

	грн.	грн – ціни невисокі	великі, середні та малі(цехи)	грн/1 консультація, в он-лайн безкоштовно.
2.	Сама модернізація робиться коштом підприємства (клієнта) оплата йде тільки за обсяги роботи.	Розробка нового обладнання	Дивлячись від розміру підприємства (клієнта) та обсягів виконання	

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 5.15) [24]:

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту) [24];
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту [24];
- вибір та обґрунтування виду посередників [24].

Таблиця 5.15 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельного поведінки цільових клієнтів	Функції збуту які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Закупівля оптом	Якість товару потрібні характеристик и, швидкість перевезення до клієнта	Нульового рівня - виробник сам продає товар кінцевому споживачеві, прямі канали	Через інтернет

			розподілу	
2.	В роздріб	Швидкість перевезення на точку збуту	Дворівневий - між виробником і покупцем послідовно існують оптовий і роздрібний продавці	Через інтернет та безпосередньо на місці проведення продажу
3.	Консультування при виникненні питань та пропозицій	Виконання роботи та складання	Однорівневий	Через інтернет по телефону, відеоконференціях та на місці

Система збуту товарів - ключова ланка комерційної діяльності й свого роду фінішний комплекс у всій діяльності фірми по створенню, виробництву й доведенню товару до споживача. Власне, саме тут споживач або визнає, або не визнає всі зусилля підприємства корисними і потрібними для себе і, відповідно, купує або не купує її продукцію і послуги [24].

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 5.16) [24].

Таблиця 5.16 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
-------	---------------------------------------	--	--	----------------------------------	--------------------------------

1.	Розв'язок проблем в діяльності	Інтернет та соціальні мережі	Запевнення в швидкості та якості, створення партнерських стосунків з клієнтом.	Запевнити в швидкому розв'язку та відповідей на всі питання, що турбують.	«Довговічність і надійність»
2.	Пошук варіантів розвитку клієнта (покращення параметрів, зменшення затрат тощо).	Інтернет та соціальні мережі, реклама	Надання всієї інформації про Нас, надання гарантій та картки клієнта з подальшим сервісом.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Все краще для вас»
3.	Бажання здійснити вигідну покупку, що буде актуальною тривалий час.	Інтернет та соціальні мережі, відео чати, реклама виставки та друкована продукція	Надання всієї інформації та гарантія на покупку.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Краще не знайдете»

Результатом останнього пункту має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки [24].

Висновки

В процесі розробки стартап проекту було розроблено висновки, що можлива ринкова комерціалізація проекту. На користь цього свідчить наявність попиту, що виражена потребою.

У проведеному аналізі було визначено стратегії збуту послуг, та вплив основних факторів на попит послуг, які надаються нашим проектом. Та згідно отриманих даних у нашого проекту є:

- можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки надані послуги наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку;
- перспективи впровадження для потенційних груп клієнтів, таких як малі, середні підприємства, що займаються переробкою полімерних матеріалів та суміжні підприємства;
- для ринкової реалізації проекту альтернативою впровадження доцільно обрати створення наукових семінарів та брати участь на виставках в даній сфері.

6. Автоматична система управління

Автоматизована система керування механічними процесами сприяє підвищенню ефективності виробництва при переробці полімерних матеріалів.

В автоматизованих системах керування використовуються всі рівні розвитку засобів і методів керування механічними процесами. У керуванні дуже важливу роль грають питання збору і перетворення параметрів, що характеризують хід технологічного процесу[9].

Автоматичний контроль полегшує праця оператора, але не вирішує до кінця проблему керування складними технологічними процесами. Тому все частіше використовуються системи автоматизації і ЕОМ.

Використання ЕОМ дозволяє здійснити обробку інформації автоматичними пристроями зі швидкістю, яка набагато перевищує швидкість обробки інформації людиною.

6.1 Опис технологічного процесу

Одним з основних методів переробки полімерних матеріалів є процес лиття під тиском. Він являє собою процес формування виробу шляхом лиття полімеру під тиском в прес-форму. Метод лиття призначений для отримання різноманітних виробів простих та складних конфігурацій . Процес протікає у декілька етапів:

- на першому етапі гранульований матеріал завантажується у горловину машини (Термопластавтомат, див. рис. 3.1.), де підхоплюється шнеком 2 і транспортується вздовж циліндра 1;
- на другому етапі матеріал стискається у корпусі машини, де проплавляється, гомогенізується та проштовхується у напрямку сопла;
- на третьому етапі розплавлений матеріал за рахунок шнека який в момент інжекції виконує функцію плунжера полімер під тиском потрапляє в прес-форму.

Для поліпшення якості продукції що випускається необхідно точне регулювання фізичних параметрів маси що переробляється, одним із яких є

температура. Для запобігання пошкодження маси що переробляється, необхідно підтримувати температурний діапазон переробки полімеру.

У процесі проектування термопластавтомат була розроблена система регулювання температури полімерної суміші в пластикаторі, принципова схема якої подана на кресленні.

Задачею екструдера є змішування, пластикація і видавлювання полімерної маси. Енергія, необхідна для цього надходить від електродвигуна на редуктор і від редуктора через шліцеве з'єднання на шнек.

Температурний режим процесу екструзії контролюється автоматично, також у даній конструкції агрегату передбачено автоматичне регулювання частоти обертів електродвигуна постійного струму.

6.2 Функціональна схема автоматизації термостабілізації процесу ЛИТТЯ

Функціональна схема автоматизації термостабілізації процесу лиття, проектується з метою удосконалення та збільшення якісних показників терморегулювання зони пластикації. Наш технологічний процес вимагає, наявність на пластикаторі шість зон нагріву. Це потрібно для того щоб гранули плавилися рівномірно від бункера до зони дозування розплаву (у напрямку сопла), для цього ми встановлюємо шість зони термостабілізації на корпусі (циліндрі) литтєвої машини; кожна зона на шнековому пластикаторі повинна підтримувати свою температуру. Для нагріву в даному випадку використовуються нагрівачі опору, які є оптимальним рішенням для машини такого класу. Нагрівач опору являє собою спіраль зі сплаву нікелю і хрому, встановленому у спеціальний корпус, що має вигляд хомута, який охоплює циліндр машини. У зону нагріву для контролю температури вводиться датчик температури, яким є термопара, що з допомогою різьби кріпиться до корпусу литтєвої машини у зоні нагріву.

Для контролю заданої частоти обертів електродвигуна на його вихідному валу встановлено датчик, який сигналізує про зміну частоти обертів. Автоматика на пульті керування екструдера фіксує та обробляє даний сигнал, після чого подає

команду на вирівнювання частоти обертів валу електродвигуна до заданого значення.

Також для контролю рівня масла у редукторі встановлено датчик рівня, який сигналізує оператора про недостатню кількість масла в редукторі. Про це оповіщає сигнальна лампа, встановлена на пульті керування.

6.3 Опис контуру автоматизації

На корпусі пластикатора встановлені термопари ТХК–284 (позиції 2-1, 3-1, 4-1, 5-1, 6-1, 7-1), на щиті на контролер регулювання температури зон пластикатора встановлені автоматичні перетворювачі (позиції 2-2, 3-2, 4-2, 5-2, 6-2, 7-2). Сигнали від термопар надходять на датчик, а потім на магнітний пускач, що включає або вимикає обігрів.

Рівень полімеру в бункері вимірюється рівнеміром типу ДМ (позиція 1-1) і сигнал передається на потенціометр типу КСД–3, що управляє лампами сигналізації.

6.4 Заказні специфікації на прилади і технічні засоби автоматизації

Табл. 6.1 - Заказні специфікації на прилади і технічні засоби автоматизації

№ позиції по схемі	Найменування параметра Середовище і місце відбору імпульсу	Місце встановлення	Найменування і характеристика	Тип моделі	Число по проекту разом	Завод виготовлювач
2-1 3-1 4-1 5-1 6-1 7-1	Температура	за місцем	Термоперетворювач опору мідний, НСХ 75М	ТСМ–1392	6	ПП "Західприлад", м. Львів
2-2 3-2 4-2 5-2 6-2 7-2	Температура	на щиті	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пропорційно-інтегральним регулятором і пристроєм сигналізації	ДИСК-250ДД	6	ЗАТ «Промислова група „Метран”», м. Челябінськ

№ позиції по схемі	Найменування параметра Середовище і місце відбору імпульсу	Місце встановлення	Найменування і характеристика	Тип моделі	Число по проекту разом	Завод виготовлювач
2-3 3-3 4-3 5-3 6-3 7-3	Температура	на щиті	Блок управління аналогового регулятора	БУ-21	6	ООО "Укргазавтоматика", м.Харків
1-4 2-4 3-4 4-4 5-4 6-4 7-4 8-4		апарат	Магнітний пускач	МКР-0-58	8	«Ильмарин» м. Таллін
2-5 1-5	Температура	трубопровод	Електричний виконавчий механізм типу МЕО, електроживлення: однофазне $U_{\text{жив}}=220\text{ В}$	МЭО-100/25-0,63-99	2	ВАТ "ПРОМПРИБОР" м. Харків
1-1	Рівень	бункер	Датчик рівня ємнісний для безперервного контролю рівня	РИС 121	1	АТ "Завод Старорусприбор" м. Стара-Руса
1-2	Рівень	на щиті	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пропорційно-інтегральним регулятором, з пристроєм сигналізації вхідні сигнали: $I_{\text{вих}}=0\ldots 5\text{ мА}$, $I_{\text{вих}}=4\ldots 20\text{ мА}$; вихідний сигнал $I_{\text{вих}}=0\ldots 5\text{ мА}$ $U_{\text{вих}}=24\text{ В}$	ДИСК-250ДД	1	ЗАТ «Промислова група „Метран”», м. Челябінськ
1-3	Рівень	місцевий	Тиристорний реверсивний підсилювач потужності для реверсивного управління асинхронними двигунами	У300	1	ЧП "Экспортпостав" м. Харків
2-3 3-3 4-3 5-3 6-3 7-3	Температура	на щиті	Блок управління аналогового регулятора	БУ-21	6	ООО "Укргазавтоматика", м.Харків

№ позиції по схемі	Найменування параметра Середовище і місце відбору імпульсу	Місце встановлення	Найменування і характеристика	Тип моделі	Число по проекту разом	Завод виготовлювач
1-4 2-4 3-4 4-4 5-4 6-4 7-4 8-4		апарат	Магнітний пускач	МКР-0-58	8	«Ильмарин е» м. Таллін
2-5 1-5	Температура	трупопровід	Електричний виконавчий механізм типу МЕО, електроживлення: однофазне $U_{\text{жив}}=220 \text{ В}$	МЭО-100/25-0,63-99	2	ВАТ "ПРОМПРИБОР" м. Харків
1-1	Рівень	бункер	Датчик рівня ємнісний для безперервного контролю рівня	РИС 121	1	АТ "Завод Старорусприбор" м. Стара-Руса
1-2	Рівень	на щиті	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пропорційно-інтегральним регулятором, з пристроєм сигналізації вхідні сигнали: $I_{\text{вих}}=0 \dots 5 \text{ мА}$, $I_{\text{вих}}=4 \dots 20 \text{ мА}$; вихідний сигнал $I_{\text{вих}}=0 \dots 5 \text{ мА}$ $U_{\text{вих}}=24 \text{ В}$	ДИСК-250ДД	1	ЗАТ «Промислова група „Метран”», м. Челябінськ
1-3	Рівень	місцевий	Тиристорний реверсивний підсилювач потужності для реверсивного управління асинхронними двигунами	У300	1	ЧП "Експортпостач" м. Харків
HL1- HL2 HL3- HL4		на щиті	Лампа сигнальна світлодіодна із жовтим індикатором $U_{\text{жив}}=220 \text{ В}$, 50/60 Гц Сила світла 20 мКд	47-М	4	ПКП Паладіум, м. Нікополь
9-2 9-3	Кнопки	двигун	Пост управління кнопковий, кількість елементів управління-2 номінальна напруга ізоляції(за змінного струму частотою 50/60 Гц) 660В номінальний тепловий струм 10А	ПКУ 15-21-131 У3	2	ЗАТ «Променергоавтоматика» м. Київ

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Відповідно до закону України про охорону праці для обслуговуючого персоналу необхідно розробити безпечні не шкідливі умови праці для персоналу на підприємствах[11].

Ці умови включають раціональне використання площі виробничих приміщень та місць розташування обладнання, правильну експлуатацію обладнання і організацію технологічних процесів, захист працюючих від впливу шкідливих умов праці, додержання в виробничих приміщеннях, місцях розташування обладнання та на робочих місцях санітарно-гігієнічних норм та правил.

У даному дипломному проекті розроблено термопластавтомат з модернізацією механізмів змикання прес-форм та пластикаційного вузла.

Встановлення параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор. Кімната оператора управління знаходиться в приміщенні. Розміри приміщення, площа : $S=1700\text{м}^2$, об'єм $V=6800\text{м}^3$. Для створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві необхідно виявити шкідливі і небезпечні фактори, для того щоб намітити заходи, які слід провести для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

Нижче розглядаються такі небезпечні і шкідливі виробничі фактори, які впливають на оператора:

- виробничий шум, вібрація;
- повітря робочої зони;
- небезпека враження електричним струмом;
- частини машини що рухаються й обертаються;
- надзвичайні ситуації.

7.1 Виробничий шум

Шум, який виникає при роботі машини та іншого устаткування лінії, постійний. Основними джерелами шуму при роботі є електродвигуни, вали та черв'яки, що обертаються, та інше устаткування. За своєю природою шум у даному випадку механічний та гідродинамічний. Згідно нормам шуму для виробничих приміщень рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБА.

Зниження шуму досягається шляхом шумопоглинання. Для цього використовують облицювання з перфорованим покриттям та плит. Для того щоб досягнути максимального ефекту вкриваємо не менше 60% внутрішньої площі шумопоглинаючим покриттям. Вихлопні патрубки насосів з'єднані з герметичним каналом, який забезпечує ізоляцію шуму вихлопу[11].

Звукоізолююча здатність дверного отвору приміщення повинна бути не нижче 30 дБА.

Стіни і перекриття приміщення забезпечені звукоізолюючим облицюванням з коефіцієнтом звукопоглинання не нижче 0,7 і мають звукоізолюючу здатність 50 дБА і вище.

Для зменшення шуму елементів, що обертаються, необхідно слідкувати за рівнем мастила в підшипникових вузлах.

Після проведення даних заходів величина загальної вібрації на робочих місцях при працюючій машині не перевищуватиме норм встановлених ДСН 3.3.6.037-99 „Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації”.

7.2 Повітря робочої зони

Робота оператора, який обслуговує обертову машину відноситься до категорії легких фізичних робіт згідно ГОСТ 12.1.005-88/98 з енерговитратами 630 Кдж/год[11].

У операторській встановлена загально-обмінна вентиляція за допомогою механічної витяжки для прогону повітря. Вхідне повітря від пилу фільтрується за допомогою скрубера. Приток повітря проводиться в робочу зону, а витяжка - з верхньої зони приміщення ділянки.

Для забезпечення допустимих значень температур на робочому місці оператора необхідно встановити кондиціонер.

По санітарних нормах, що діють, температура нагрітих поверхонь устаткування і огорожі на робочих місцях не повинна перевищувати 45 °С. Для захисту працівників від теплового випромінювання застосовують захисні екрани.

Гранично допустима концентрація пилу в повітрі, де не виявлено SiO_2 у вільному вигляді, складає 6 мг/м³. Для запобігання забруднення повітря робочої зони встановлюються системи фільтрів, а також проектується герметичні конструкції завантажувального і розвантажувального кінців машини, що дозволяє довести запиленість повітря до санітарної норми – 0,1мг/м³ згідно ГОСТ 12-1-005-88/98.

7.3 Промислове освітлення

При недостатньому освітленні робочого місця виникає велика вірогідність травмування працівників[11].

Для цеху висотою до 5 м, в якому знаходиться лінія, передбачено природне і штучне освітлення. Для штучного освітлення найбільш підходять лампи денного освітлення типу ЛД, мають більшу світову віддачу лампи накаливання (до 75 лм/вт), та більший термін використання (8-12 тис. год.). Світильники штучного освітлення мають бути розташовані так, щоб забезпечувались надійність їх закріплення, зручність обслуговування, безпечність, і необхідне освітлення з урахуванням його рівномірності.

У всіх виробничих приміщеннях має бути передбачено робоче і аварійне освітлення. Аварійне освітлення має забезпечувати спостереження за роботою під час раптового відключення робочого освітлення.

У відповідності до норм освітленості для даного обладнання та четвертого розряду зорових робіт нормоване значення освітлення $E_n = 200$ лк, коефіцієнт запасу $k = 1,8$ по СН П П-4-79.

Для освітлення приміщення використовуються:
світильники:

- тип лампи: ДРЛ;
- тип світильника: РСП 05-250/Г 03;
- кількість 10 штук;
- потужність: 250 Вт;
- Загальною освітленістю $E = 103$ лк.

Загальна освітленість дорівнює, лк:

$$E_0 = \Sigma E \quad (0.1.)$$

$$E_0 = 420.6 + 103.5 = 523 \text{ лк}$$

Фактична освітленість відповідає нормам ДБНВ 2.5-28-2008

7.4 Вібрація

До джерел вібрації у даному випадку належать електродвигуни й обертові частини машини. Посилення вібрації відбувається за рахунок неточності установки обертових частин а також через нещільність з'єднання корпусів обертових частин до фундаменту. У даному випадку спостерігається загальна вібрація, що передається через до оператора. Робітник мало піддається вібрації, тому, що він знаходиться далеко від опор машини, тому загальна вібрація не впливає на нього[11].

Для зниження вібрації прийняті наступні міри:

- застосовуємо додаткові ребра жорсткості;
- застосовуємо масляні ванни;

Так як спостерігається, в основному, вібрація низьких і середніх частот, то покриття корпусів редукторів приймаємо тверді, металеві на основі

- алюмінію й міді;
- зменшення вібрації, що здійснюється за рахунок установки агрегатів на фундаменті.

Покриття особливо відповідальних частин дорівнює 0,005мм, не особливо відповідальних 0,1мм.

Сумарний час роботи в контакті з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни.

Тривалість одноразового безупинного впливу вібрацій не перевищує 15-20 хв.

Рівень загальної вібрації машини не перевищує 10 ÷ 12дБ, що відповідає ДСН 3.3.6.039-99.

7.5 Небезпека впливу частин машини, що рухаються й обертаються

Механізмами, які обертаються є: корпус машини, вінцева і підвінцева шестерня, ролики, ролико-опори, муфти. Ці механізми є небезпечними, тому, що можливе нанесення механічних травм і можуть спричиняти людську смерть. З метою запобігання травм встановлені огороження.

Робітники повинні бути забезпечені індивідуальними засобами захисту:

- комбінезонами групи М – для захисту від механічних пошкоджень;
- спеціальне взуття відповідне до спецодягу;
- засоби захисту рук – рукавиці з бавовни;

Для огороження використовуємо зварені з лозин у виді ґрат екрани.

Вінцева шестерня закрита спеціальним кожухом. Обертові механізми двигунів і муфт встановлені в нерухомих кожухах.

Для аварійної зупинки машини передбачені аварійні пристрої, вимикачі, а на пульті керування - аварійні кнопки.

7.6 Небезпека враження електричним струмом

Виробниче приміщення, у якому встановлений пункт керування машиною для лиття під тиском, відповідно до діючих правил (ПУЕ) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом.

Для живлення установки використовується трифазна напруга $U = 220/380$ В, з частотою $f = 50$ Гц із глухо-заземленою нейтраллю [11].

Причини враження обслуговуючого персоналу можуть бути наступні:

- пробій на корпус;
- помилкове вмикання установки;
- дотик до частин установки, що можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання електроустаткування;
- старіння ізоляції і втрата її ізоляційних властивостей;
- дотик людей до відкритих струмопровідних частин.

Трифазні ланцюги згідно “Правилам устрою електроустановок” (ПУЕ), при напрузі до 1000 В приймаються, як трьохпровідні ланцюги з глухо-заземленою нейтраллю.

Небезпека враження для людини визначається опором ланцюга людини. Зі зменшенням цих опорів ця небезпека збільшується.

Безпека експлуатації устаткування забезпечується поруч організаційних і технічних мір захисту: контролем і профілактикою ушкодження ізоляції, подвійною ізоляцією, захисним поділом мереж, забезпеченням неприступності струмоведучих частин, захисним заземленням, захисним зануленням, застосуванням малих напруг, захисним відключенням, застосуванням засобів індивідуального захисту й ін.

З метою запобігання травм рекомендується вживати наступних заходів обережності:

- передбачити спеціальне захисне відключення установки у випадку влучення людини під напругу;
- силові кабелі помістити в спеціальні захисні металеві рукава;
- рубильники включення установки знаходитися в спеціальній шафі;

- на панелі управління передбачити спеціальні лампи включення установки;
- вузли установки, що можуть виявитися під напругою, постачати затисками для підключення занулення.

Біля датчиків занулення нанести незмивний фарбою знаки «Земля» згідно ГОСТ 12.1.030-81.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на пробній напрузі $U=200$ В з частотою $f=50$ Гц протягом 1 хвилини.

Опір ізоляції повинен бути не менш 0,5 мОм.

Безпека експлуатації устаткування забезпечується поруч організаційних і технічних мір захисту: захисним поділом мереж, застосуванням малих напруг, контролем і забезпеченням неприступності струмоведучих частин, профілактикою ушкодження ізоляції, подвійною ізоляцією, захисним заземленням, захисним зануленням, застосуванням засобів індивідуального захисту, захисним відключенням, та ін.

7.7 Надзвичайні ситуації

Для виникнення горіння необхідна наявність горючої речовини. Полум'я в нашому випадку може бути і вибуховим, бо в якості палива ми використовуємо газ, також горіння може виникнути внаслідок порушення правил експлуатації електроустаткування[11].

Відповідно ОНТП 24-86 виробництво належить до категорії "В" пожежної небезпеки. По ступені вогнестійкості належить до 1 ступеня.

Число евакуаційних виходів з будинків, приміщень не менш двох. Ширина ділянки шляху евакуації 1,5 м, а дверей на шляхах евакуації – 1 м.

У приміщенні передбачена пожежна сигналізація - теплові пожежні сповіщувачі. Інформація із сповіщувачів надходить на загально-цехову станцію. Також встановлені протипожежні щити і шухляди з піском.

7.8 Установки та засоби гасіння пожеж

Досить часто як первинні засоби пожежогасіння використовують вогнегасники, які характеризуються високою вогнегасною спроможністю та значною швидкістю.

Залежно від вогнегасної речовини вогнегасники поділяють на: водяні; водопінні (повітряно-механічна піна); газові (вуглекислотні, хладонові); порошкові; комбіновані (піна - порошок).

Вибір типу та визначення необхідної кількості вогнегасників для оснащення приміщень відбувається відповідно до Правил пожежної безпеки в Україні з урахуванням їх вогнегасної здатності, граничної захищеної площі, категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою, а також класу можливої пожежі. Вогнегасники розміщуються в легкодоступних та помітних місцях, захищених від прямого потрапляння сонячних променів і безпосереднього впливу опалюваних та нагрівальних приладів.

Цифра у маркуванні вогнегасника означає масу вогнегасної речовини у кілограмах, що міститься у його корпусі.

Відповідно до ДСТУ 3675-98, вогнегасники всіх типів повинні проходити технічне обслуговування на спеціалізованих підприємствах у термін, установлений згідно з експлуатаційною документацією, але не рідше одного разу на два роки.

Висновки

Метою магістерської дисертації було проведення модернізації інжекційного вузла та механізму змикання форм термопластавтомату. Для цього були проведені наступні етапи виконання роботи:

- було виконано детальне ознайомлення з базовою конструкцією.
- інформація, що була отримана вході розгляду була використана при виборі шляхів модернізації;
- проведено огляд літератури та патентів.

Було переглянуто різноманітні ідеї вдосконалення інжекційного пристрою та механізмів, які входять до литтєвої машини. Внаслідок цього було обрано із запропонованих найбільш вдалі внесення змін у конструкцію та остаточно обгрунтовано напрямки модернізації.

Отже модернізації конструкції машини досягається суттєве підвищення змішувальної ефективності за умов запобігання втрат тиску при заповненні прес-форми, істотне поліпшення гомогенізації набраної дози матеріалу, що сприяє покращенню якості полімерних виробів, підвищується зносостійкість, що сприяє покращенню продуктивності машини в цілому і якості отриманих виробів.

Література

1. Загородній В.К. «Литтєві машини для термопластів і реактопластів», довідковий посібник – М: «машинобудування» , 1968 – 376 стор.
2. Загородній В.К. «Обладнання для переробки пластмас», довідковий посібник – М: «машинобудування» , 1976 – 398 стор
3. Анурьев В. И. «Справочник конструктора-машиностроителя» довідковий посібник – М.: «машинобудування», 1979. Т. 1. 728 с.
4. Рябінін Д.Д., Лукач Ю.Є. «Змішувальні машини для пластмас і гумових сумішей», – М.: «машинобудування» 1972 – 272 с.
5. Калинин Э.Л., Калинин Е.И., Саковцева М.Б. «Оборудование для литья пластмасс под давлением» – М.: «машинобудування»1985
6. Гурович С.Г., Ильяшенко Г.А., Свириденко С.Х. «Машини для переробки термопластичних матеріалів. » 1996, 328с.
7. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. «Розрахунок і конструювання обладнання для виробництва і переробки полімерних матеріалів» посібник для вузів.-М.:Химия, 1986.- 488с., ил
8. Лукінюк М.В. Технологічні вимірювання та прилади: Навч. посіб. для курс. проектування. – К.: «ПОЛІПАРНАС», 2002. – 257 с.: іл.
9. А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов, М.О. Подустов, О.В. Пугановський. Промислові засоби автоматизації Ч. І. Вимірювальні пристрої / За заг. ред. А.К.Бабіченка: Навч. посібник. - Харків: НТУ «ХПІ», 2001 р - 470 с
10. Золотницький М.Д., Пчелинцев В.А. «Охрана труда в строительстве. » М.: Высш. шк., 1978. 408 с.
11. Махнович А.Т., Боханько Г.Я. «Охрана труда и противопожарная защита на предприятиях промышленности строительных материалов.» М.: Стройиздат, 1978. 247 с.
12. Методичні вказівки до написання економічного розділу дипломного проекту для студентів інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ» ОКР «Спеціаліст». КИЇВ КПІ 2013р

13. Пат. 34306 U Україна, В29В 7/00, , Сівецький В.І.,Щербина В.Ю., Корнійчук С.М. - u200801991; заяв. 18.02.2008; опубл. 11.08.2008 Бюл.№ 15-2с.
14. Пат. № 36111 U Україна, В29В 7/00, Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Кушнір М.С. - u00806899; заяв. 19.05.2008; опубл. 10.10.2008 Бюл.№ 19-3с.
15. Пат. № 47158 U Україна, В29В 7/00, Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Кушнір М.С. - u200903202; заяв. 03.04.2009; опубл. 25.01.2010 Бюл.№ 2-3с.
16. Пат. № 89800 U Україна, В29С 45/54, Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Мікульонок І.О. та ін. - u 201315206; заяв. 25.12.2013; опубл. 25.04.2014 Бюл.№ 8-5с.
17. Пат. № 98878 U Україна, В29С 45/46, Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Мікульонок І.О. та ін. - u 201412709; заяв. 26.11.2014; опубл. 12.05.2015 Бюл.№ 9-4с.
18. Пат. № 22146 U Україна, В29С 49/56, Семирозум О.І. - u200700113; заяв. 03.01.2007; опубл. 10.04.2007 Бюл.№ -2с.
19. Пат. № 82432 Україна, В29С 49/30, Суворов О.В., Семирозум О.І., Марченко В.О. - u 2013 07126; заяв. 05.06.2013; опубл. 25.07.2013 Бюл.№ 14 -7с.
20. Пат. № 2 229 380 С1 Російская Федерация, В29С 45/64, Марченко В.М. Петрович Т.Э.. - 2003107939/15,; заяв. 25.03.2003; опубл. 27.05.2004 Бюл.№ 15-9с.
21. Пат. № 2 255863 С1 Російская Федерация, В29С 45/68, Харченко С. Н. - 2004109777/12,; заяв. 30.03.2004; опубл. 10.07.2005 Бюл.№ 19-7с.
22. Пат. №2353517 С1 Російская Федерация, В29С 45/66, Харченко С. Н - 2007129770/12; заяв. 02.08.2007; опубл. 27.04.2009 Бюл.№ 12-6с.
23. Пат. №2 390413 С1 Російская Федерация, В29С 49/56, Юдин Э.И, Суханов Ю.Б., Абрамян А.С. - 2008142826/12,; заяв. 29.10.2008; опубл. 27.05.2010 Бюл.№ 15-6с.
24. Гавриш О.А РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ : метод.вказ. /., Солнцев С.О., Дергачова В.В.— Київ : НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 28 с.

ЗМІСТ

1. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ МАШИНИ....	1
1.1 Розрахунок проектної продуктивності та побудова циклограми.....	1
1.2 Розрахунок механізму пластикації.....	3
1.3 Розрахунок геометричних параметрів шнека.....	6
1.4. Розрахунок параметрів поступального руху шнека.....	11
1.5 Перевірочний розрахунок продуктивності пластикатора.....	13
1.6 Розрахунок шнека на міцність.....	16
1.7 Розрахунок шнека на жорсткість.....	19
1.8 Перевірка шнека на стійкість.....	20
1.9 Розрахунок матеріального циліндра.....	22
1.10 Розрахунок температурних напружень.....	25
1.11 Розрахунок механізму запирання сопла.....	28
2. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК.....	30
3. РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ ІНЖЕКЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ МАШИНИ ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ МЕТОДОМ СЕ.....	35
Література.....	39

					<i>ЛПз 71мп.017246.03 – 70 РР</i>		
<i>Змн</i>	<i>Листи</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Демов В.Б.</i>			<i>Термопластавтомат з модернізацією інжекційного вузла та механізму змикання форми</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Колосов О.Є.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н.Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрцвів</i>
					<i>КПІ ім.Ігоря Сікорського</i>		

1. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ МАШИНИ

Метою розрахунку ТПА є визначення параметричних величин, розрахунок механізмів інжекції, замикання пів-форм, запирання сопла, циклограми роботи, проектної продуктивності, розрахунок геометричних параметрів шнека, перевірочний розрахунок продуктивності пластикатора, розрахунки шнека на жорсткість і міцність, розрахунок матеріального циліндра, розрахунок напруг від дії тиску та тепловий розрахунок пластикатора.

Розрахунок проводимо для ТПА, на якому буде виготовлятися виріб , що має об'єм $V = 250 \text{ см}^3$.

1.1 Розрахунок проектної продуктивності та побудова циклограми

Розрахунок складових циклу[1]:

Час охолодження виробу:

$$\tau_{ох} = \frac{0,084 \times \delta^2}{a} \lg \left(0,785 \times \frac{T_{вир} - T_{фор}}{T_{інж} - T_{фор}} \right), \quad (0.1.)$$

де δ – товщина виробу;

a – коефіцієнт теплопровідності;

- температура форми;

$T_{вир}$ - температура виробу;

$T_{інж}$ - температура розплаву в момент заповнення форми;

$$\tau_{ох} = \frac{0,084 \times \delta^2}{a} \lg \left(0,785 \times \frac{T_{вир} - T_{фор}}{T_{інж} - T_{фор}} \right) = \frac{0,084 \times 0,005^2}{1,12 \times 10^{-7}} \lg \left(0,785 \times \frac{180 - 50}{75 - 50} \right) = 12 \text{ с} \quad (0.2.)$$

Час вприску :

$$\tau_{впр} = \frac{h}{V_{інж}} , \quad (0.3.)$$

де h – величина ходу черв'яка. Згідно з [3] приймається $h=(1...3) D$

$V_{інж}$ - швидкість інжекції, яка не повинна перевищувати 0,05м/с;

Тоді:

$$\tau_{впр} = \frac{h}{V_{інж}} = \frac{0,1}{0,05} = 2с \quad (0.4.)$$

Час змикання (розмикання) форми:

$$\tau_{зм} = \tau_{розм} = \frac{H_{ходу}}{V} , \quad (0.5.)$$

де $H_{ходу}$ - відстань між пів формами;

V - швидкість руху плити, згідно з [3] $V_{max}=0,25м/с$

$$\tau_{зм} = \tau_{розм} = \frac{H_{ходу}}{V} = \frac{0,45}{0,15} = 3с \quad (0.6.)$$

Час охолодження литника:

$$\tau_{ох.литн.} = \frac{R_L}{5,76 \times a} \times 2,31 \times l g \times \frac{1,6 \times (T_L - T_{\phi})}{T_{вир} - T_{\phi}} , \quad (0.7.)$$

де $R_{л}$ - радіус литника;

a – коефіцієнт температуропровідності полімеру;

$$\begin{aligned}\tau_{ох.литн} &= \frac{R_{л}}{5,76 \times a} \times 2,31 \times \lg \times \left(\frac{1,6 \times (T_{л} - T_{\phi})}{T_{вир} - T_{\phi}} \right) = \\ &= \frac{0,004^2}{5,76 \times 1,12 \times 10^{-7}} \times 2,31 \times \lg \left(\frac{1,6 \times (180 - 50)}{75 - 50} \right) = 8с\end{aligned}\quad (0.8.)$$

Час підводу сопла:

$$t_{сопл} = \frac{S_{нидв}}{V_{нидв}}, \quad (0.9.)$$

де, $S_{нидв}$ - відстань від форми до сопла:

$$\tau_c = \frac{S_{нидв}}{V_{нидв}} = \frac{0,28}{0,16} = 2с \quad (0.10.)$$

Загальний час циклу:

$$\begin{aligned}\tau &= \tau_{ох} + \tau_{впр} + 2 \times \tau_{зм} + \tau_{ох.литн} + \tau_c + \tau_{очистки} = \\ &= 12 + 2 + 6 + 8 + 2 + 1 = 31с\end{aligned}\quad (0.11.)$$

Час пластикації:

$$\begin{aligned}\tau_{пл} &= \tau_{ц} - \tau_{впорск} - \tau_{ох} - \tau_{зм} = \\ &= 31 - 2 - 8 - 1 - 3 = 17с\end{aligned}\quad (0.12.)$$

Вагова продуктивність:

$$П = \frac{V \cdot \gamma}{\tau_{nl}} \cdot 3600 = \left(\frac{250 \cdot 10^{-6} \cdot 1050}{17} \right) \cdot 3600 = 45 \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (0.13.)$$

1.2 Розрахунок механізму пластикації

Параметричний розрахунок механізму пластикації проведено згідно методики [4].

1. Діаметр шнека як функція об'єму відливки визначається за формулою:

$$D_1 = \left[\frac{V \cdot k}{0,785 \cdot k_1} \right]^{1/3} = \left[\frac{250 \cdot 10^{-6} \cdot 1,3}{0,785 \cdot 2,2} \right]^{1/3} = 0,058 \text{ м} \quad (0.14.)$$

де k - коефіцієнт що враховує витрати та стиснення полімеру при упорскуванні, згідно з [4] $k = 1,3$;

$k_1 = 2,2$ - відношення ходу шнека до діаметру;

2. Визначаємо діаметр шнека по D_{II} :

$$D_3 = \left[\frac{P_{\text{зд}} \cdot D_{n1}^2}{P_{\text{л}}} \right]^{1/2} = \left[\frac{5 \cdot 10^6 \cdot 0,320^2}{150 \cdot 10^6} \right]^{1/2} = 0,058 \text{ м} \quad (0.15.)$$

Приймаємо діаметр шнека з ряду стандартних значень[5]: $D = 60 \text{ мм}$

3. Хід шнека:

$$H_{III} = \left[\frac{4 \cdot V_p}{\pi \cdot D_H^2} \right]^{1/2} = \left[\frac{4 \cdot 0,25 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 0,06^2} \right] = 0,094 \text{ м} \quad (0.16.)$$

Приймаємо хід поршня $H = 95 \text{ мм}$

4. Потужність приводу :

$$N = 0,736 \cdot c \cdot D^m = 0,736 \cdot 0,15 \cdot 60^{2,5} = 6,08 \text{ кВт} \quad (0.17.)$$

5. Крутний момент шнека:

$$M_{кр} = \frac{9,55 \cdot N}{n_{ср}} = \frac{9,55 \cdot 6,8 \cdot 10^3}{80} = 812 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (0.18.)$$

6. Крутний момент на валу гідро двигуна:

$$M_{з\partial} = \frac{M_{кр}}{i \cdot \eta_{II}} = \frac{812}{20 \cdot 0,95} = 42,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (0.19.)$$

$i = 20$ – передаточне відношення;

де $\eta_{II} = 0,95$ – ККД механічної передачі

по $M_{з\partial}$ вибираємо модель двигуна, де номінальний крутний момент:

$$M_{з\partial} = 50 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad n_{\max} = 1500 \text{ об / хв} \quad (0.20.)$$

7. Продуктивність двигуна :

$$q_{\text{з\textsubscript{д}}} = \frac{\bar{q}_{\text{з\textsubscript{д}}} \cdot n_{\text{з\textsubscript{д}}}}{60} = \frac{70 \cdot 10^{-6} \cdot 1200}{60} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с} \quad (0.21.)$$

де $\bar{q}_{\text{з\textsubscript{д}}}$ - подача робочої рідини за один оберт насоса, $\bar{q}_{\text{з\textsubscript{д}}} = 70 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / \text{об}$

8. Визначаємо подачу насоса який живить гідродвигун:

$$q_{\text{н}} = \frac{q_{\text{з\textsubscript{д}}}}{\eta_{\text{об.з\textsubscript{д}}}} = \frac{1,4 \cdot 10^{-3}}{0,98} = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

Де $\eta_{\text{об.з\textsubscript{д}}}$ - об'ємний ККД гідродвигуна.

9. Потужність насоса:

$$N_{\text{н}} = \frac{P_{\text{з\textsubscript{д}}} \cdot q_{\text{н}}}{\eta} = \frac{5 \cdot 10^6 \cdot 1,43 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 0,7} = 12,77 \text{ кВт} \quad (0.22.)$$

де $P_{\text{з\textsubscript{д}}}$ – номінальний тиск, $P_{\text{з\textsubscript{д}}} = 5 \text{ МПа}$

η – загальний ККД системи ;

10. Частота обертання валу ГД під навантаженням:

$$n_{\text{з\textsubscript{д.ф}}} = n_{\text{з\textsubscript{д.0}}} (1 - C) = 1200 (1 - 0,05) = 1140 \text{ об/хв} \quad (0.23.)$$

$n_{\text{з\textsubscript{д.0}}}$ – частота обертання ГД без навантаження
де C - жорсткість роботи ГД

11. Потужність гідродвигуна:

$$N_{\text{зд}} = \frac{M_{\text{зд}} \cdot n_{\text{зд.ф}}}{9,55} = \frac{43 \cdot 1140}{9,55} = 5,13 \text{ кВт} \quad (0.24.)$$

12. По тиску $P=5$ МПа и продуктивності $q_n = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$ вибираємо лопатевий насос типу 8Г12-25А. Його характеристики:
 q_n до $1,67 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$

$P=6,5$ МПа.

13. Потужність електродвигуна вибраного насоса:

$$N_n = \frac{P \cdot q_n}{\eta} = \frac{6,5 \cdot 10^6 \cdot 1,67 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 0,7} = 19,36 \text{ кВт} \quad (0.25.)$$

1.3 Розрахунок геометричних параметрів шнека

Вихідні дані: діаметр шнека $D = 60 \text{ мм}$, загальна довжина шнека $l = 20 \cdot D \text{ мм}$, матеріал що перероблюється – поліетилен. Розрахункова схема шнека зображена на (Рис.0.1).

$$l_p = 16,5 \cdot D = 16,5 \cdot 60 = 990 \text{ мм.} \quad (0.27.)$$

3. Довжина зони завантаження :

$$l_2 = (4 \dots 8) \cdot D, \quad (0.28.)$$

Приймаємо

$$l_2 = 4 \cdot D = 4 \cdot 60 = 240 \text{ мм.} \quad (0.29.)$$

4. Довжина зони стиснення:

$$l_3 = (2 \dots 4) \cdot D, \quad (0.30.)$$

Приймаємо

$$l_3 = 4 \cdot D = 4 \cdot 60 = 240 \text{ мм.} \quad (0.31.)$$

5. Довжина зони дозування :

$$l_4 = (3 \dots 8) \cdot D, \quad (0.32.)$$

Приймаємо

$$l_4 = 8,5 \cdot D = 8,5 \cdot 60 = 510 \text{ мм.} \quad (0.33.)$$

6. Ширина гребня витка :

$$e = (0,06 \dots 0,12) \cdot D, \quad (0.34.)$$

Приймаємо

$$e = 0,09 \cdot D = 0,09 \cdot 60 = 5,4 \text{ мм}. \quad (0.35.)$$

7. Крок гвинтової нарізки :

$$t = (0,8 \dots 1,2) \cdot D, \quad (0.36.)$$

Приймаємо

$$t = 0,75 \cdot D = 0,75 \cdot 60 = 44 \text{ мм}. \quad (0.37.)$$

8. Глибина гвинтової нарізки зони завантаження:

$$h_1 = (0,12 \dots 0,16) \cdot D, \quad (0.38.)$$

Приймаємо

$$h_1 = 0,15 \cdot D = 0,15 \cdot 60 = 9 \text{ мм}. \quad (0.39.)$$

9. Діаметр осердя в зоні завантаження :

$$d_1 = D - 2 \cdot h_1 = 60 - 2 \cdot 9 = 42 \text{ мм.} \quad (0.40.)$$

10. Глибина нарізки в зоні дозування :

$$h_2 = \frac{1}{2} \cdot \left[(D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i}}) \cdot (D - h_1) \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[(60 - \sqrt{60^2 - \frac{4 \cdot 9}{2,25}}) \cdot (60 - 9) \right] = 3,8 \text{ мм,} \quad (0.41.)$$

де $i = (1,5 \dots 3)$, приймаємо $i = 2,25$.

11. Діаметр осердя в зоні дозування :

$$d_2 = D - 2 \cdot h_2 = 60 - 2 \cdot 3,8 = 52,4 \text{ мм.} \quad (0.42.)$$

12. Довжина шліцьового з'єднання:

$$l_{шл.з'єд.} = (1,25 \dots 1,5) \cdot D, \quad (0.43.)$$

приймаємо

$$l_{шл.з'єд.} = 280 \text{ мм.}$$

13. Довжина підшипнико - циліндричної частини:

$$l_{підш.} = (1 \dots 2) \cdot D, \quad (0.44.)$$

Приймаємо

$$l_{підш.} = 1,5 \cdot D = 1,5 \cdot 60 = 90 \text{ мм.} \quad (0.45.)$$

14. Довжина нарізної (відбійної) частини:

$$l_{відб.} = (0,1 \dots 0,5) \cdot D, \quad (0.46.)$$

Приймаємо

$$l_{відб.} = 0,3 \cdot D = 0,3 \cdot 60 = 18 \text{ мм}. \quad (0.47.)$$

15. Довжина хвостової частини:

$$l_{(хв.)} = l_{шл.з'єд.} + l_{підш.} + l_{відб.} = 86,625 + 94,5 + 18,9 = 200,025 \text{ мм}. \quad (0.48.)$$

16. Діаметр хвостової частини приймаємо рівним $d_{хв.} = 44 \text{ мм}$.

17. Крок гвинтової відбійної нарізки:

$$t_{відб.} = (0,08 \dots 0,12) \cdot D, \quad (0.49.)$$

приймаємо $t_{відб.} = 0,1 \cdot D = 0,1 \cdot 60 = 6 \text{ мм}$.

18. Зазор між корпусом і черв'яком (гребнями шнека):

$$\delta = (0,002 \dots 0,003) \cdot D, \quad (0.50.)$$

приймаємо

$$\delta = 0,0025 \cdot D = 0,0025 \cdot 60 = 0,1575 \text{ мм}.$$

1.4. Розрахунок параметрів поступального руху шнека

1. Діаметр шнека, виходячи з пластикаційної здібності:

$$D_2 = \left[\frac{q_{nl}}{0,7} \right]^{1/2,5} \cdot 10^{-2} = \left[\frac{250 \cdot 10^{-6} \cdot 1050}{0,7 \cdot 21,46 / 3600} \right]^{1/2,5} \cdot 10^{-2} = 0,052 \text{ м} \quad (0.51.)$$

2. Визначаємо діаметр поршня гідроциліндра інжекції:

$$D_{II} = \left[\frac{P_{\pi} \cdot D_1^2}{P_{\pi\partial}} \right]^{1/2} = \left[\frac{150 \cdot 10^6 \cdot 0,058^2}{5 \cdot 10^6} \right]^{1/2} = 0,317 \text{ м} \quad (0.52.)$$

Приймаємо $D_{II} = 320 \text{ мм}$

3. Фактичний тиск лиття при номінальному значенні діаметра шнека та поршня:

$$P_{\phi} = \frac{P_{\pi\partial} \cdot D_{II}^2}{D_H^2} = \frac{5 \cdot 10^6 \cdot 0,320^2}{0,06^2} = 142,22 \text{ МПа} \quad (0.53.)$$

4. Об'єм гідроциліндра інжекції:

$$V = \frac{\pi \cdot D_{II}^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 0,32^2}{4} \cdot 0,095 = 7,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \quad (0.54.)$$

5. Об'ємна швидкість упорскування [5]:

$$Q_{впр.} = K_{сж} \cdot K_{ум1} \cdot \frac{V_n}{t_{впр}} = 1,3 \cdot \frac{250 \cdot 10^{-6}}{2} = 1,625 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с} \quad (0.55.)$$

6. Потужність поступального руху шнека:

$$N = \frac{K_{пер} \cdot K_{ум2} \cdot P_{л} \cdot Q_{впр}}{\eta} = \frac{0,75 \cdot 1,05 \cdot 150 \cdot 10^6 \cdot 1,63 \cdot 10^{-4}}{0,9} = 21,4 \text{ кВт} \quad (0.56.)$$

1.5 Перевірочний розрахунок продуктивності пластикатора

Метою є перевірити чи забезпечують раніше розрахункові параметри.

Вихідні дані :Діаметр черв`яка 60мм., в`язкість блочного полістиролу $\mu=547 \text{ Па/с}$, діаметр гідроциліндра інжекції $D=320 \text{ мм}$, глибина гвинтової нарізки $h=4,93 \text{ мм}$, крок нарізки $t=60 \text{ мм}$, ширина гребня черв`яка $e=6 \text{ мм}$.

Розрахунок продуктивності пластикатора проведемо по зоні дозування:

$$Q = \frac{\pi D n h (t-e)}{2} - \frac{h^2 (t-e)^2 \cos j}{24 \mu} \Delta P - \frac{\pi^3 D^3 \text{tg} j \sin j}{\mu e L} \Delta P; \quad (0.57.)$$

де ΔP -тиск на виході з зони дозування , визначимо виходячи з величини протидії відходу черв`яка при наборі порції . Черв`як починає відходити коли тиск перед ним перевищує тиск в гідроциліндрі $P_{з.ц.} = 0,2 \text{ МПа}$.

$$\Delta P = P_{з.ц.} \cdot \frac{D_{з.ц.}^2}{D_{чер.}^2} = 0,5 \times \frac{320^2}{60^2} = 14,22 \text{ МПа}; \quad (0.58.)$$

$$\begin{aligned}
Q &= \frac{3,14 \times 60 \times 10^{-3} \times 80 \times 4,92 \times 10^{-3} (60 \times 10^{-3} - 6 \times 10^{-3})}{2} - \\
&\frac{(6,5 \times 10^{-3})^2 (60 \times 10^{-3} - 6 \times 10^{-3}) \times 2 \cos 17}{24 \times 547} \times 14,22 \times 10^6 \\
&- \frac{3,14^3 \times (60 \times 10^{-3})^3 \operatorname{tg} 17 \sin 17}{547 \times 5 \times 10^{-3} \times 350 \times 10^{-3}} \times 14,22 \times 10^6 = \\
&= 42,05 \text{ кг / год};
\end{aligned} \tag{0.59.}$$

Черв'як забезпечує необхідну пластикаційну продуктивність і відповідає необхідним параметрам.

1.6 Розрахунок шнека на міцність

Розрахунок шнека на міцність – перевірка спроектованих на підставі попередніх розрахунків розмірів шнека. Проведемо її по зоні завантаження, так як шнека має тут найменший діаметр.

Вихідні дані:

матеріал шнека: сталь 48ХМЮА;

густина матеріалу: $\rho = 7600 \text{ кг/м}^3$;

$\sigma_{пл.} = 300 \text{ МПа}$;

діаметр шнека в зоні завантаження: $d_1 = 44 \text{ мм}$,

тиск при видавлюванні матеріалу: $P_{інж.} = 200 \text{ МПа}$.

1. Обертальний момент:

$$M_{об} = \frac{9549 N}{n} = \frac{9549 \cdot 25}{2,5} = 9549 \text{ Нм} \tag{0.60.}$$

2. Осьове зусилля:

$$P_{ос} = \frac{2M}{D} \operatorname{tg} \varphi = \frac{2 \cdot 9549}{0,045} 0,3 = 92680 \text{ Н} \tag{0.61.}$$

3. Розподілене навантаження від власної ваги:

$$G = \frac{\pi(D-d_0)}{4} \rho l_p = \frac{3,14(0,060-0)}{4} 7800 \cdot 0,945 = 14,95 \text{ кг} \quad (0.62.)$$

$$g = \frac{9,8 \cdot G}{l_p} = \frac{9,8 \cdot 14,95}{1,039} = 130,6 \text{ Н/м} \quad (0.63.)$$

4. Площа небезпечного перерізу:

$$F_{\text{пер}} = \frac{\pi d_1^2}{4} (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 \cdot 0,06^2}{4} (1 - 0^2) = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (0.64.)$$

де α —відношення діаметра стрижня шнека і внутрішнього охолоджувального каналу в небезпечному перерізі:

5. Осьовий момент опору:

$$W = \frac{\pi d_1^3}{32} (1 - \alpha^3) = \frac{3,14 \cdot 0,06^3}{32} (1 - 0^3) = 1,53 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \quad (0.65.)$$

6. Дотичні напруження:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W} = \frac{95490}{0,000024} = 397 \text{ МПа} \quad (0.66.)$$

7. Полярний момент інерції:

$$I = \frac{\pi d_1^4}{64} (1 - \alpha^4) = \frac{3,14(0,063)^4}{64} (1 - 0) = 0,77 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 \quad (0.67.)$$

8. Найбільший згинальний момент:

$$M_{\max} = \frac{1}{2} g l^2 = \frac{1}{2} 30,6 \cdot 0,945^2 = 14 \text{ Нм} \quad (0.68.)$$

9. Напряга стиску:

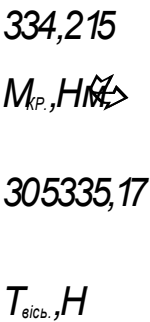
$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F} + \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{92680}{0,003} + \frac{14}{0,000024} = 31,5 \text{ МПа} \quad (0.69.)$$

10.Результати напруги по III-ій теорії міцності:

$$\sigma_{III} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{31,5^2 + 4 \cdot 397^2} = 794 \text{ МПа} \quad (0.70.)$$

11.Запас міцності:

$$n = \frac{\sigma_m}{\sigma_{III}} = \frac{850}{794} = 1,07 \leq [n] = 1,6 \dots 2 \quad (0.71.)$$



1.7 Розрахунок шнека на жорсткість

Максимальный прогин:

де Е–модуль пружності, $E=2 \cdot 10^5$ МПа.

$$k = \sqrt{\frac{P_{oc}}{EI}} = \sqrt{\frac{92680}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,77 \cdot 10^{-6}}} = 0,77 \quad (0.73.)$$

$$A = \frac{q \left[l_p - \frac{1}{k} \sin(kl_p) \right]}{k \cdot \cos(kl_p)} = \frac{30,6 \left[0,985 - \frac{1}{0,77} \sin(0,77 \cdot 0,985) \right]}{0,77 \cdot \cos(0,77 \cdot 0,985)} = 38,45 \quad (0.74.)$$

Максимальний прогин дорівнює:

$$\delta = \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,77 \cdot 10^{-6}} \left[\frac{30,6}{0,77^2} \left(\frac{1}{0,77^2} + \frac{0,985}{2} \right) - \frac{1}{0,77} \left(\frac{0,985}{0,77^2} + 38,45 \cdot 0,985 \right) \cos(0,77 \cdot 0,985) - \frac{1}{0,77^2} \cdot \left(\frac{30,6 \cdot 0,985}{0,77} - 38,45 \right) \sin(0,77 \cdot 0,985) \right] = 0,0059 \text{ мм}; \quad (0.75.)$$

прогин в межах допустимого.

1.8 Перевірка шнека на стійкість

Критичну силу визначаємо за формулою Ейлера [7]:

$$P(KP) = \frac{\pi^2 * E * I(MIN)}{4 * L^2}, \quad (0.76.)$$

$$P(KP) = \frac{\pi^2 * 2.1 * 10^6 * 1185}{4 * 328^2} = 57015 \text{ кг.} \quad (0.77.)$$

$$P(KP) \geq P. \quad (0.78.)$$

Умова стійкості шнека.

$$\sigma \leq [\sigma](Y), \quad (0.79.)$$

$$\sigma_{(ст.)} = \frac{P}{F(MIN)}, \quad (0.80.)$$

де $P=49062$ кг – максимальне осьове зусилля, що розвивається матеріальним циліндром;

$$\sigma_{(ст.)} = \frac{49062}{67.9} = 722 \text{ кг/см}^2 = 72 \text{ МПа.} \quad (0.81.)$$

Допустиме напруження на стійкість дорівнює

$$[\sigma](Y) = \varphi * [\sigma], \quad (0.82.)$$

де $\varphi=0.19$ – коефіцієнт зниження напруження;
 $[\sigma]$ – основне допустиме напруження на стійкість ;

$$[\sigma] = \frac{\sigma(B)}{N(Y)}, \quad (0.83.)$$

$N(Y)=2$ – коефіцієнт запасу на стійкість.

$$[\sigma](Y) = 0.19 * \frac{1000}{2} = 95 \text{ МПа.} \quad (0.84.)$$

$\sigma \leq [\sigma](Y)$. Шнека стійкий.

Визначимо напруження в шнеку від дії розподіленого навантаження.

Максимальний згинаючий момент визначаємо[8].

$$M(MAX) = \frac{G * L1^2}{2} = \frac{Q * L1}{2}, \quad (0.85.)$$

$$M(\text{MAX}) = \frac{289 \cdot 324}{2} = 47396 \text{ кг} \cdot \text{см} = 4739 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Напруження згину визначаємо за формулою.

$$\sigma(3) = \frac{M}{W}, \quad (0.86.)$$

$$\sigma(3) = \frac{47396}{76.2} = 622 \text{ кг/см}^2 = 62 \text{ МПа}.$$

Еквівалентне напруження дорівнює:

$$\sigma(\text{екв.}) = \sigma(\text{ст.}) + \sigma(3), \quad (0.87.)$$

$$\sigma(\text{екв.}) = 722 + 622 = 1344 \text{ кг/см}^2 = 134 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження розтягу для Сталі 40ХН2МА;

$$[\sigma] = 200 \text{ МПа}.$$

$$\sigma(\text{екв.}) \leq [\sigma].$$

1.9 Розрахунок матеріального циліндра

Розрахунок матеріального циліндра ТПА проводиться як для товстостінного циліндра [8].

Розрахунок напруг від дії тиску .

Вихідні дані :

Внутрішній радіус корпусу $R_v = 30 \text{ мм}$;

Зовнішній радіус корпусу $R_n = 65,5 \text{ мм}$;

Тиск лиття $P = 200 \text{ МПа}$.

Матеріал : 1Х17Н2 з $\sigma_T = 750 \dots 850 \text{ МПа}$ та твердістю за HRA 82-86

1.Радіальне напруження:

$$\sigma_r^p = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \left(1 - \frac{R_H^2}{r^2}\right); \quad (0.88.)$$

де r -поточний радіус ,

$r=R_b$ -при максимальному значенні радіального тиску .

$$\sigma_r^{p \max} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \left(1 - \frac{R_H^2}{R_b^2}\right) = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 30^2}{65.5^2 - 30^2} \left(1 - \frac{65.5^2}{30^2}\right) = -149 \text{ МПа}; \quad (0.89.)$$

$$\sigma_r^{p \min} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \left(1 - \frac{R_H^2}{R_H^2}\right) = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 30^2}{65.5^2 - 30^2} \left(1 - \frac{65.5^2}{65.5^2}\right) = 0 \text{ МПа}; \quad (0.90.)$$

2. Тангенціальна напруга :

$$\sigma_t^{p \max} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \left(1 + \frac{R_H^2}{R_b^2}\right) = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 30^2}{65.5^2 - 30^2} \left(1 + \frac{65.5^2}{30^2}\right) = 186,3 \text{ МПа}; \quad (0.91.)$$

$$\sigma_t^{p \min} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \left(1 + \frac{R_H^2}{R_H^2}\right) = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 30^2}{65.5^2 - 30^2} \left(1 + \frac{65.5^2}{30^2}\right) = 170 \text{ МПа}; \quad (0.92.)$$

3. Осьова напруга :

$$\sigma_z^{\max} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 30^2}{65.5^2 - 30^2} = 85,59 \text{ МПа}; \quad (0.93.)$$

$$\sigma_z^{\min} = \frac{P \cdot R_H^2}{R_H^2 - R_b^2} = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 65.5^2}{65.5^2 - 30^2} = 125 \text{ МПа}; \quad (0.94.)$$

4. Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{(\sigma_r - \sigma_\theta)^2 + (\sigma_r - \sigma_z)^2 + (\sigma_\theta - \sigma_z)^2} =$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{(149 - 186,3)^2 + (149 - 125)^2 + (186 - 125)^2} = 126 \text{ МПа} \quad (0.95.)$$

5. Обертальний момент, що передається від шнека на корпус:

$$M = \frac{M_{\max} \cdot x}{L} = \frac{112 \cdot 0.2}{0.36} = 62 \text{ МПа} \quad (0.96.)$$

де x -відстань від сопла до перерізу, що розглядається;

L -довжина корпусу.

Всі напруження в межах допустимого.

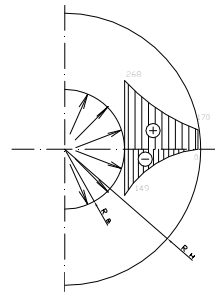


Рис.1.3 Розподілення тангенціальних та радіальних напружень по товщині корпусу.

1.10 Розрахунок температурних напружень

Вихідні дані : Внутрішній радіус корпусу $R_v=30\text{мм}$,зовнішній діаметр корпусу $R_z=65,5\text{мм}$, модуль пружності $E=2\cdot 10^5 \text{ МПа}$, коефіцієнт лінійного розширення $\alpha=1\cdot 10^{-5} \text{ м/к}$.

1.Радіальні температурні напруження на стінках циліндра:

$$\sigma_r^t = \frac{E\alpha(T_3-T_6)}{2(1-\mu)\ln\frac{R_3}{R_6}} \left(\ln\frac{R_H}{r} + \frac{R_6}{R_3^2-R_6^2} \cdot \left(1 - \frac{R_3^2}{R_6^2} \right) \ln\frac{R_3}{R_6} \right) \quad (0.97.)$$

де $T_3-T_6=3\dots 5^\circ\text{C}$,

$$\sigma_r^t = \frac{2\cdot 10^{11} \cdot 1\cdot 10^{-5} \cdot 5}{2(1-0,3)\ln\frac{65,5}{30}} \left(\ln\frac{65,5}{30} + \frac{30}{65,5^2-30^2} \cdot \left(1 - \frac{65,5^2}{30^2} \right) \ln\frac{65,5}{30} \right) = 7,3 \text{ МПа} \quad (0.98.)$$

Тангенціальні напруження :

$$\sigma_\tau^t = \frac{E * \alpha (T_3 - T_6)}{2 * (1 - \mu) \ln \frac{R_3}{R_6}} \left(\begin{aligned} &1 - \ln \frac{R_3}{r} - \frac{R_6^2}{R_3^2 - R_6^2} \times \\ &* \left(1 + \frac{R_3^2}{r^2} \right) \ln \frac{R_3}{R_6} \end{aligned} \right); \quad (0.99.)$$

$$\sigma_\tau^{t \max} = \frac{2\cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} (4,5-1)}{2\cdot (1-0,23) \ln \frac{0,3}{0,205}} \left(\begin{aligned} &1 - \ln \frac{0,3}{0,205} - \frac{0,205^2}{0,4^2 - 0,21^2} \cdot \\ &\cdot \left(1 + \frac{0,3^2}{0,205^2} \right) \ln \frac{0,3}{0,205} \end{aligned} \right) = -0,55 \text{ МПа}; \quad (0.100.)$$

$$\sigma_{\tau}^t = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} (4,5-1)}{2 \cdot (1-0,23) \ln \frac{0,3}{0,205}} \left(\frac{1 - \ln \frac{0,3}{0,3} - \frac{0,205^2}{0,3^2 - 0,205^2}}{\left(1 + \frac{0,3^2}{0,3^2}\right) \ln \frac{0,3}{0,205}} \right) = -3,36 \text{ МПа}; \quad (0.101.)$$

Осьові напруження :

$$\sigma_z^t = - \frac{E \times \alpha (T_3 - T_6)}{2 \times (1 - \mu) \ln \frac{R_3}{R_6}} \left(\frac{1 - 2 \ln \frac{R_H}{r}}{\frac{2 R_6^2}{R_3^2 - R_6^2} * \ln \frac{R_3}{R_6}} \right); \quad (0.102.)$$

$$\sigma_z^{t \max} = - \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} (4,5-1)}{2 \cdot (1-0,23) \ln \frac{0,3}{0,205}} \left(1 - 2 \ln \frac{0,3}{0,205} - \frac{2 \cdot 0,205^2}{0,3^2 - 0,205^2} \cdot \ln \frac{0,3}{0,205} \right) = 0,41 \text{ МПа} \quad (0.103.)$$

$$\sigma_z^{t \min} = - \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} (4,5-1)}{2 \cdot (1-0,23) \ln \frac{0,3}{0,205}} \left(1 - 2 \ln \frac{0,3}{0,3} - \frac{2 \cdot 0,205^2}{0,3^2 - 0,205^2} \cdot \ln \frac{0,3}{0,205} \right) = -0,23 \text{ МПа} \quad (0.104.)$$

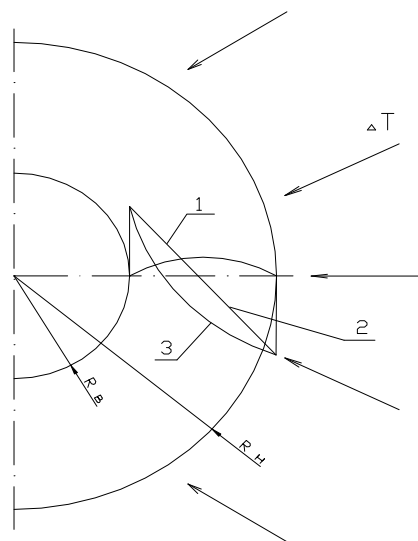


Рис.1.4. Напруження від перепаду температур 1-σz ; 2-σr ; 3-σθ

Сумарне напруження :

Радіальні:

$$\sigma_r = \sigma_r^p + \sigma_r^t; \quad (0.105.)$$

$$\sigma_r = -149 + 7,3 = -141,7 \text{ МПа}; \quad (0.106.)$$

$$\sigma_r = 0 + 7,3 = 7,3 \text{ МПа}; \quad (0.107.)$$

Тангенціальні напруження :

$$\sigma_\tau = \sigma_\tau^p + \sigma_\tau^t; \quad (0.108.)$$

$$\sigma_\tau = 268,3 - 0,55 = 267,75 \text{ МПа}; \quad (0.109.)$$

$$\sigma_\tau = 170 - 3,36 = 166,64 \text{ МПа}; \quad (0.110.)$$

Осьові напруження :

$$\sigma_z = \sigma_z^p + \sigma_z^t; \quad (0.111.)$$

$$\sigma_z = 85,59 + 0,41 = 86 \text{ МПа}; \quad (0.112.)$$

$$\sigma_z = 125 - 0,23 = 119,77 \text{ МПа}; \quad (0.113.)$$

Сумарне напруження знайдемо за четвертою теорією міцності :

$$\begin{aligned}\sigma_{\Sigma} &= \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_1 \sigma_3 - \sigma_2 \sigma_3} \text{ МПа} = \\ &= \sqrt{149^2 + 267,75^2 + 119,77^2 - 149 \cdot 267,75 - 149 \cdot 119,77 - \\ &\quad 267,75 \cdot 119,77} = 98,69 \text{ МПа}\end{aligned}\quad (0.114.)$$

Умови міцності виконуються.

1.11 Розрахунок механізму запирання сопла

1. Діаметр гідроциліндру запирання сопла[9]:

$$D = \frac{1}{2} \cdot D_{инж} = \frac{1}{2} \cdot 260 = 130 \text{ мм.} \quad (0.115.)$$

де $D_{инж}$ - діаметр гідроциліндру інжекції.

2. Розрахунок ходу сопла ведеться по формулі:

$$h_{ход} = \frac{L_{важ}}{3} = \frac{1350}{3} = 450 \text{ мм.} \quad (0.116.)$$

3. Розрахунок поперечного перерізу запирання сопла:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (130)^2}{4} = 0,013 \text{ м}^2. \quad (0.117.)$$

4. Розрахунок об'єму гідравлічної рідини в гідроциліндрі змикання ведеться по формулі:

$$V = S \cdot h_{ход} = 0,013 \cdot 450 = 5,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \quad (0.118.)$$

2. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

Розрахунок проводимо згідно [10]:

Метою теплового розрахунку є перевірка системи теплообміну машини за сталої роботи. Для цього використовуємо рівняння теплового балансу:

$$G_M \cdot C_{МП} \cdot t_{м} + Q_N + Q_{HK} + C_{ХП} \cdot t_{ХП} = G_M \cdot C_{МК} \cdot t_{МК} + G_X \cdot C_{ХК} \cdot t_{ХК} + Q_{\epsilon}, \quad (0.1.)$$

G_M - вагова продуктивність машини, $G_M = 45 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$;

$C_{МП}$ - теплоємність матеріалу на початку розплавлення,

$$C_{МП} = 2,09 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}};$$

Q_N - потужність машини, перетворена в теплоту, Вт;

Q_{HK} - потужність нагрівачів, Вт;

$C_{ХП}$ - питома теплоємність охолоджувальної рідини в прес-формі на вході охолоджувальної ділянки, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

$t_{ХП}$ - початкова температура рідини для охолодження, $t_{ХП} = 20^\circ\text{C}$;

$C_{МК}$ - теплоємність матеріалу в кінці розплавлення, $C_{МК} = 2,85 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

G_X - витрати рідини для охолодження машини, Вт;

$C_{ХК}$ - питома теплоємність охолоджувальної рідини на виході з охолоджувальної ділянки, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

$t_{ХК}$ - кінцева температура рідини для охолодження, $t_{ХК} = 21,5^\circ\text{C}$;

Q_{ϵ} - витрати теплоти корпусом та головкою машини в навколишнє середовище, Вт.

Складові теплового балансу визначають згідно [10].

1. Теплота від перетворення потужності двигуна

$$Q_N \cong N = 1,36 \text{ кВт}, \quad (0.2.)$$

де N - потужність двигуна черв'ячної машини, кВт, $N = 1,36 \text{ кВт}$.

2. Витрати теплоти корпусом машини в навколишнє середовище:

$$Q_{\text{с}} = F \cdot \alpha_{\text{с}} \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{с}}) = 0,62 \cdot 14,5 \cdot (190 - 75) = 1,03 \text{ кВт}, \quad (0.3.)$$

де $\alpha_{\text{с}}$ - інтенсивність тепловіддачі вільною конвекцією від корпусу до повітря, $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$; $t_{\text{п}}, t_{\text{с}}$ - температура відповідно зовнішньої поверхні ізолюваного корпусу і навколишнього середовища; F - площа зовнішньої поверхні корпусу, м^2 :

3. Витрати рідини знайдемо з рівняння теплового балансу:

$$G_X = \frac{Q_N - G_M C_M (t_{\text{МК}} - t_{\text{МП}}) - Q_{\text{BT}}}{\overline{C}_X \cdot (t_{\text{ХК}} - t_{\text{ХП}})} = \frac{16,36 - 91,19 \cdot 2,09 \cdot (190 - 75) - 1,03}{4,221 \cdot (20 - 21,5)} = 1,523 \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad (0.4.)$$

де \overline{C}_X - середнє значення питомої теплоємності води, $\overline{C}_X = 4,221 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$.

4. Кількість теплової енергії, яка відводиться охолоджувальною рідиною;

$$Q_X = G_X \cdot C_X \cdot (t_{\text{ХК}} - t_{\text{ХП}}) = 1,523 \cdot 4,221 \cdot (21,5 - 20) = 9,64 \text{ кВт}. \quad (0.5.)$$

$$G_X = 3600 \cdot f \cdot v \cdot \rho, \quad (0.6.)$$

де f - площа перерізу каналу, м^2 ,

$$f = n \cdot s \cdot h \cdot \cos \varphi = 2 \cdot 0,02 \cdot 0,0255 \cdot \cos 14^\circ = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2, \quad (0.7.)$$

де n - кількість заходів спіралі, $n=2$; s, h - відповідно ширина і та висота каналу, $s=0,02\text{ м}, h=0,0255\text{ м}$, φ - кут нахилу спіралі, $\varphi=14^\circ$, ρ - густина охолоджувальної рідини, ν - швидкість руху охолоджувальної рідини між кожухом і корпусом.

5.Визначимо швидкість руху рідини

$$\nu = \frac{G_x}{f \cdot 3600} = \frac{1.523}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 3600} = 0,42 \text{ м/с}. \quad (0.8.)$$

6.Визначимо критерій Рейнольдса для розв'язання критеріального рівняння конвективного теплообміну в каналі охолодження:

$$\text{Re} = \frac{\nu \cdot d_{\text{екв.}}}{\nu} = \frac{0,42 \cdot 0,0063}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 175.69 < 2300 \quad (0.9.)$$

< 2300-ламінарний режим згідно з [10],

де $d_{\text{екв.}}$ - еквівалентний діаметр каналу,

$$d_{\text{екв.}} = \frac{4 \cdot f}{2 \cdot n \cdot \pi \cdot d_k} = \frac{4 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10 \cdot \pi \cdot 0,01} = 0,0063 \text{ м}. \quad (0.10.)$$

7.Коефіцієнт тепловіддачі вимушеною конвекцією можна знайти за допомогою критеріального рівняння:

$$\text{Nu} = 0,17 \text{Re}^{0,33} \text{Gr}^{0,1} \text{Pr}^{0,43} \left(\frac{\text{Pr}_p}{\text{Pr}_{\text{н0}}} \right)^{0,25} \quad (0.11.)$$

де Nu , Gr , Pr - відповідно критерії Нуссельта, Грасгофа та Прандтля при температурі потоку та стінки відповідно.

8.Критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{g \cdot d_{екв.}^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t = \frac{9,81 \cdot (0,01)^3}{(59,9 \cdot 10^{-2})^2} \cdot 2,65 \cdot 10^{-3} \cdot (190 - 75) = 1,32 \cdot 10^{-5}, \quad (0.12.)$$

де g - прискорення вільного падіння;

ν - кінематична в'язкість води, $\nu = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;

β - коефіцієнт об'ємного розширення, $\beta = 4,12 \cdot 10^{-4} \text{ 1/K}$;

де t_0 - визначальна температура, $t_0 = \frac{t_{к.зоб.} + t'_0}{2} = \frac{70 + 20}{2} = 45^\circ\text{C}$,

Pr – критерій Прандтля, $Pr_p = 7,02$, $Pr_{cm} = 2,55$

Знаходимо критерій Нуссельта:

Тепер з критерію Нуссельта знайдемо Коефіцієнт тепловіддачі від полімеру до стінки:

$$\alpha_s = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_{екв.}} = \frac{26,15 \cdot 59,4 \cdot 10^{-2}}{0,01} = 1566,38 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (0.13.)$$

λ - коефіцієнт теплопровідності охолоджувальної рідини за визначальної температури, $\lambda = 59,4 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$,

9.Розрахунковий коефіцієнт тепловіддачі від поверхні корпусу завантажувальної горловини до охолоджувальної рідини:

$$\alpha_{ep} = \alpha_s \cdot \varepsilon_L \cdot \varepsilon_R = 1566,38 \cdot 1,07 \cdot 1,86 = 3117,4 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (0.14.)$$

де ε_L - поправка на вплив вхідної ділянки, $\varepsilon_L = f\left(\frac{l}{d_{екв.}}, Re\right)$, $\varepsilon_L = 1,07$ при

$$\frac{l}{d_{екв.}} = 31,$$

ε_R - поправка на кривизну каналу, $\varepsilon_R = 1 + 1,77 \cdot \frac{2 \cdot d_{екв.}}{D_c} = 1 + 1,77 \cdot \frac{2 \cdot 0,0063}{0,092} = 1,86$.

10. Коефіцієнт теплопередачі від розплаву полімеру через сталеву стінку:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta}{\lambda_{ст.}} + \frac{1}{\alpha_{вр}}} = \frac{1}{\frac{1}{1566,38} + \frac{0,03}{42,95} + \frac{1}{3117,4}} = 711,1 \text{ Bm} / \text{м}^2 \cdot \text{K}. \quad (0.15.)$$

де δ - товщина оболонки; α_M - інтенсивність тепловіддачі полімерного розплаву; δ - товщина стінки; $\lambda_{ст.}$ - коефіцієнт теплопровідності сталі, $\lambda_{ст.} = 42,95 \text{ Bm} / (\text{м} \cdot \text{K})$.

11. Загальна кількість теплоти, що відводиться за рахунок теплопередачі:

$$Q_{заг} = Q_x + Q_v = 9,64 + 1,03 = 10,67 \text{ кВт}. \quad (0.16.)$$

12. Необхідна потужність нагрівачів на корпусі повинна складати:

$$Q_{нк} = Q_{заг} - Q_N = 10,67 - 1,36 = 9,41 \text{ кВт} \quad (0.17.)$$

3. Розрахунок на міцність запропонованої модернізації інжекційного пристрою машини для лиття під тиском методом СЕ

Проведено розрахунок на міцність запропонованої модернізації інжекційного вузла машини для лиття під тиском. Механічна задача була направлена на вирішення питання міцності модернізованого вузла. Отримано компоненту напруження деформації гільзи вузла машини для лиття під тиском на базі отриманих компонентів скінченних елементів. Розраховано модернізацію розрахункової деталі. Загальний вид гільзи, граничні умови приведенні на (Рисунок 3.1, Рисунок 3.2).

Гільза уявляє собою деталь, що навантажена внутрішнім тиском $P=200\text{МПа}$;

Матеріал гільзи - Сталь 38ХМЮА.

$(B)=1100\text{ МПа}$ – границя міцності;

$(T)=910\text{ МПа}$ – границя текучості.

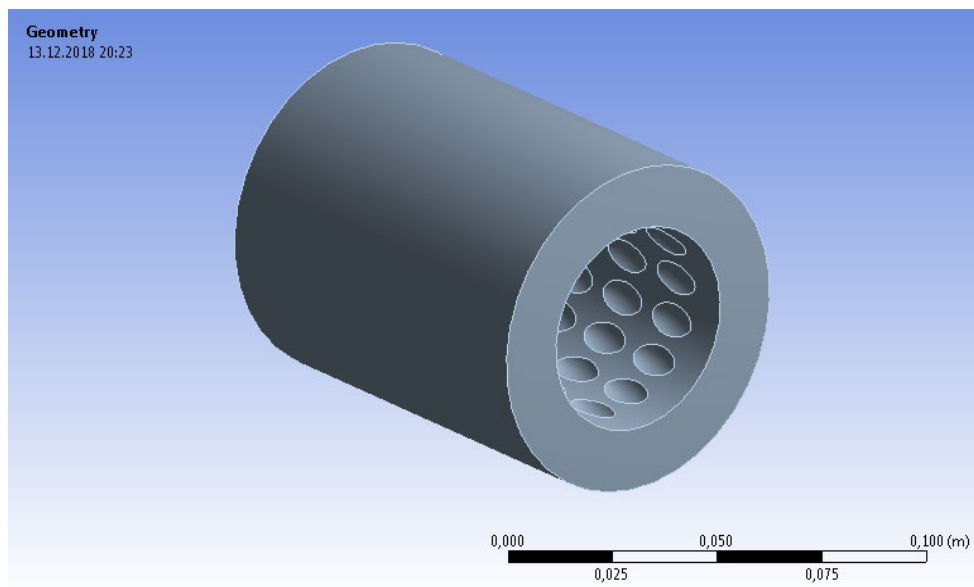


Рисунок 3.1 – Розрахункова гільза модернізації

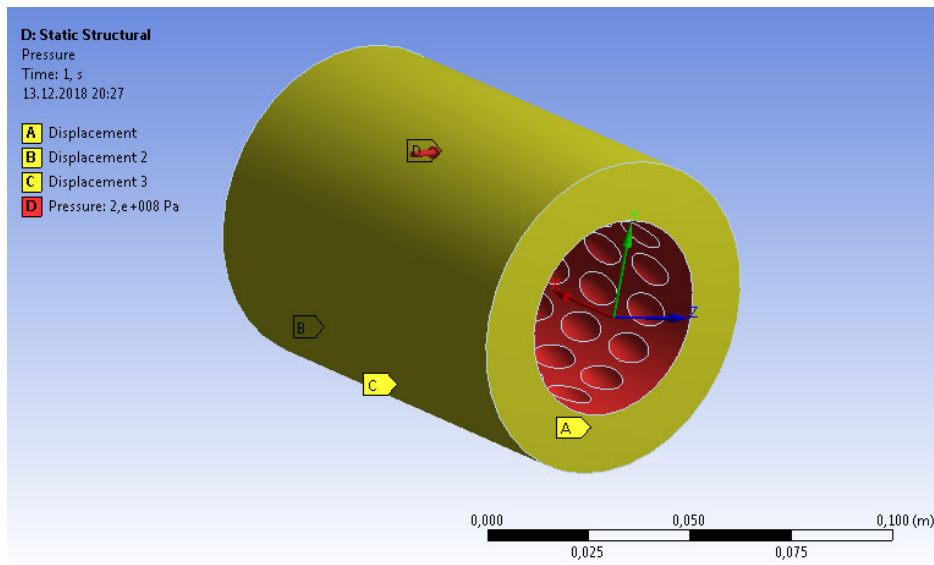
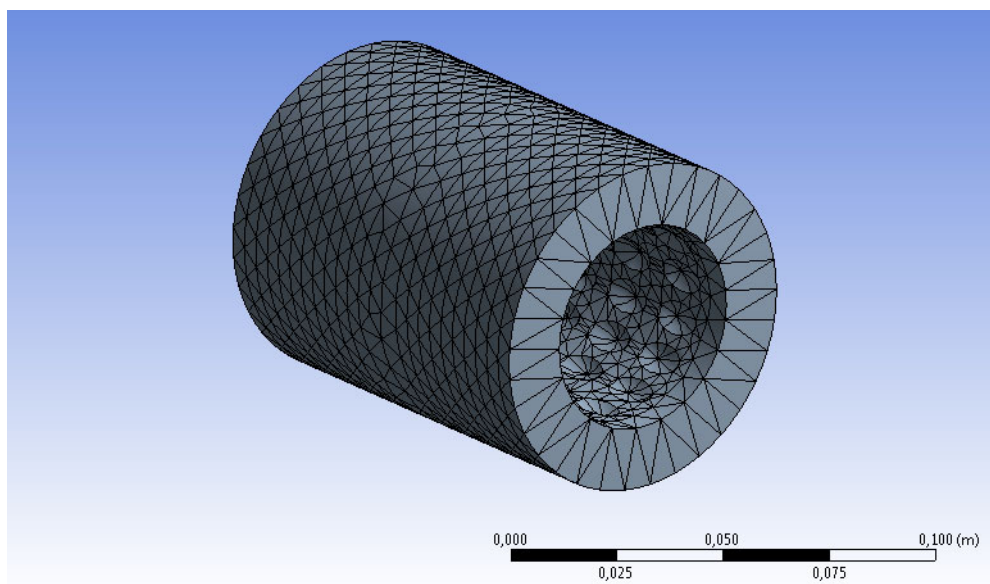


Рисунок 3.2 – Граничні умови

В системі ANSYS побудовано скінченну елементну модель досліджуваного об'єкту (Рисунок 3.3 – Розрахункова сітка скінчених



елементів).

Рисунок 3.3 – Розрахункова сітка скінчених елементів

Гільза знаходиться в умовах внутрішнього тиску з максимальною інтенсивністю 200 МПа.

Як показує результат розрахунку (Рисунок 3.4, Рисунок 3.5, Рисунок 3.6) напруження по Mises не перетинають границю текучості (910 МПа) в діапазоні текучості від 2.27 до 5.72.

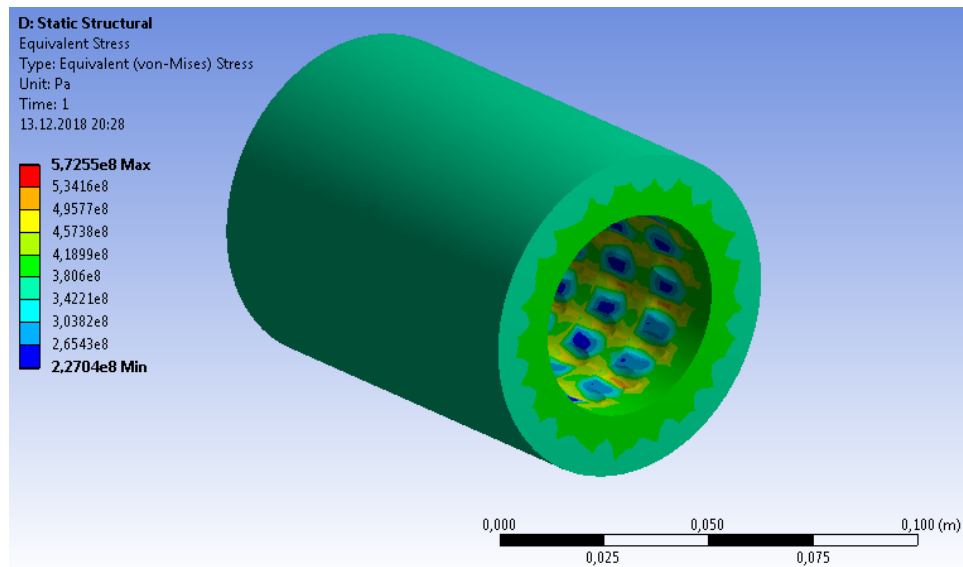


Рисунок 3.4 – Еквівалентні напруження von Mises

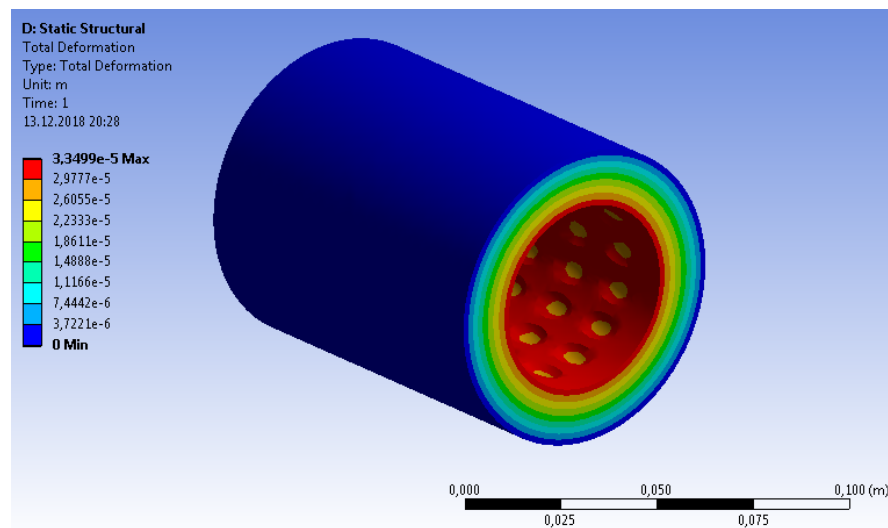


Рисунок 3.5 – Еквівалентна деформація

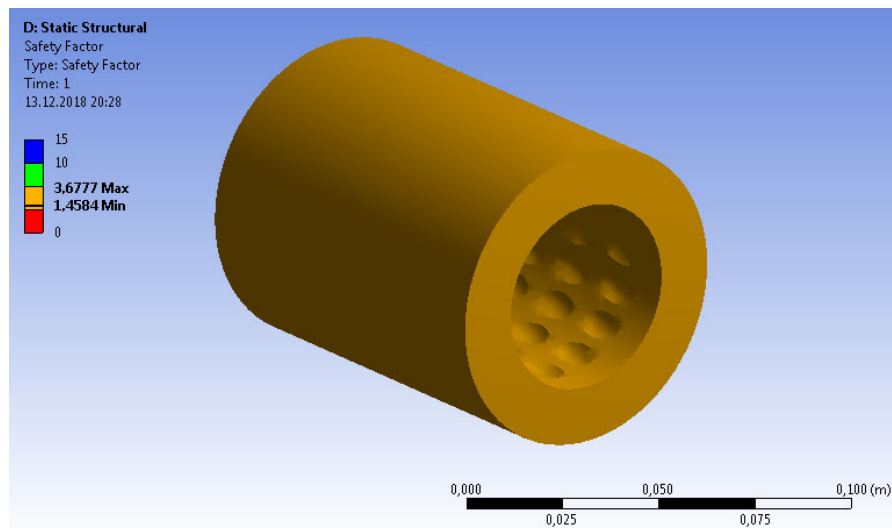


Рисунок 3.6 – Запас міцності

При цьому запас міцності гільзи склав 1,45. У зв'язку з цим можна рекомендувати пропоновану модернізацію до використання у виробництві.

Оскільки за даної конструкції зворотного кільцевого клапана інжекційного вузла машини для лиття під тиском, досягається суттєве підвищення змішувальної ефективності за умов запобігання втрат тиску при заповненні прес - форми.

Література

1. Рябінін Д.Д., Лукач Ю.Є. «Змішувальні машини для пластмас і гумових сумішей», М. Машинобудування, 1972 – 272 с.
2. Гурович С.Г., Ільяшенко Г.А., Свириденко С.Х. «Машини для переробки термопластичних матеріалів. М., «Машинобудування», 1996, 328с.
3. Басов Н.І., Казанков Ю.В., Любартович В.А. «Розрахунок і конструювання обладнання для виробництва і переробки полімерних матеріалів» посібник для вузів.-М.:Химия, 1986.- 488с., ил.
4. Загородній В.К. «Обладнання для переробки пластмас», довідковий посібник – М: «машинобудування» , 1976 – 398 стор
5. Радченко Л.Б. «Переробка термопластів методом екструзії» - Київ:1999 – 214 стор.
6. Радченко Л.Б., Сівецький В.І. «Основи моделювання і конструювання червячних екструдерів» - Київ: «Політехніка», 2002 – 145 стор.
7. Рябінін Д.Д., Лукач Ю.Є. «Червячні машини для переробки пластичних мас і гумових сумішей», М.Машинобудування, 1965 – 345 с.
8. Загородній В.К. «Литтєві машини для термопластів і реактопластів», довідковий посібник – М: «машинобудування» , 1968 – 376 стор.
9. Гурович С.Г., Ільяшенко Г.А., Мочман Ш.Е. «Розрахунки і конструювання машин для переробки пластичних матеріалів», «М., Машинобудування», 1970, 296с
10. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування “Теплові розрахунки машин для переробки полімерів”. К., КПІ, 1992.
- 11.Оборудование предприятий по переработке пластмасс. Под ред. Завгороднего В.К. Л., “Химия”, 1972г